41

36

I.

Original-Aufsätze.

Zur Muskelphysiologie und Physik.

Von

Jacob Schmulewitsch,

prakt. Arzt aus Kiew.

I.

Ueber den Einfluss des Erwärmens auf die mechanische Leistung des Muskels.

Mit 1 Tafel.

(Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Adolf Fick, gewidmet.)

1. Den Einfluss der verschiedenen Temperaturen auf die Länge des Muskels studirend, bin ich zu Resultaten[1]) gekommen, die mich überzeugten, dass nicht nur die Länge, sondern auch andere physikalische Eigenschaften des Muskels sogar in sehr engen Grenzen der Temperaturveränderungen ganz andere werden. Der Gedanke lag nahe, dass mit der Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Muskels auch seine Fähigkeit, physiologisch zu functioniren, eine andere wird. Wenn man die Contraction des Muskels als Resultat der veränderten Lage der Moleküle zu einander betrachtet, so muss doch sehr wahrscheinlich die Wärme, die doch nichts anderes bewirkt, als eine veränderte Lage der Moleküle, von wesentlichem Einflusse auf die äusseren Merkmale der Contraction, namentlich auf die mechanische Leistung sein, — und so ist es auch.

2. Bevor ich zu dem eigentlichen Thema übergehe, muss ich, um Missverständnisse zu vermeiden, noch ein paar Worte sagen über das, was ich in diesem Aufsatze unter den Worten „mechanische Arbeit des Muskels“ verstehen werde.

---

[1]) Ich habe diese Resultate als vorläufige Mittheilungen in dem Centralblatt für die med. Wissenschaften Nr. 6, 1867, publicirt.

Seit der Weber'schen Abhandlung gilt es in der Physiologie als Regel, die mechanische Arbeit zu definiren, als das Produkt der Last in die Höhe, auf der sie der Muskel dauernd heben kann. Aber schon Herr Professor A. Fick zeigte, dass dabei die mechanische Arbeit des Muskels bedeutend unterschätzt wurde. In der That ist die mechanische Arbeit des Muskels bedeutend grösser, als die in der Physiologie geltende, namentlich bei kleinen Belastungen, wo sie unter gewissen Verhältnissen das doppelte übersteigt; denn die Muskeln heben die Lasten (bis zu einer gewissen Grenze) auf eine viel grössere Höhe — die Wurfhöhe — als diejenige, in welcher sie dieselben Lasten im Gleichgewichte erhalten können, und welche man als Hubhöhe bezeichnet. Wenn man nun in Acht nimmt 1. dass, wie Helmholtz sich ausgesprochen[1]) hat, „der andauernd gleichmässig erregte Muskel durch die erschöpfendste Anstrengung keine Arbeit im Sinne der Mechanik hervorbringt,“ dass die Arbeit des Muskels also lediglich in einer beständigen Aenderung seines Zustandes, in einem beständigen Abwechseln der Zusammenziehung und Erschlaffung besteht; weiter 2. dass viele Bewegungen, wie Laufen, Springen, Werfen mehr die Fähigkeit des Muskels, Wurf- als Hubhöhe zu erzeugen, in Anspruch nehmen; 3. dass man nach der Anmerkung des Herrn Prof. Fick nur irgend welche Einrichtung nöthig hat, durch welche das Gewicht, wenn es den Gipfel seiner Höhe erreicht hat, ergriffen würde, um eine mechanische Arbeit zu erhalten, welche gleich wäre dem Produkte des Gewichtes in die Wurf- und nicht in die Hubhöhe; 4. dass die Hubhöhe grosser Gewichte nur eine fast ideale Grösse ist, da der Muskel nur eine sehr kleine Zeit ein gewisses Gewicht auf einer gewissen Höhe erhalten kann; endlich 5. dass nach jener Definition die Arbeit des Muskels, die er leistet, bei einer einzelnen Schliessungs- oder Oeffnungszuckung die Grösse 0 hat, weil er fast die Zeit 0 das Gewicht dauernd hebt[2]).

Wenn man alle diese Umstände in Acht nimmt, so wird man sich genöthigt finden, von oben angezeigtem Begriffe abzusehen, und unter „mechanischer Arbeit“ das Produkt der Last in die Höhe zu verstehen, gleichviel, ob der Muskel diese Last auf dieser Höhe im Gleichgewichte halten kann oder nicht.

Ich werde die Arbeit, welche der Muskel bei einer Contraction verrichtet, als Einzelnarbeit bezeichnen; die Summe aller Einzeln-

---

[1]) Müller's Archiv 1850.

[2]) Herr Prof. Wundt meint zwar, dass „die durch eine einmalige Contraction hervorgebrachte nützliche Wirkung so klein ist, dass sie gar nicht in Betracht kommen kann.“ (Die Lehre von der Muskelbewegung, von Dr. W. Wundt, 1858.) Wir werden aber in meinen Versuchen sehen, dass diese Arbeit gar nicht so klein ist, besonders unter gewissen Verhältnissen. Die mechanische Leistung bei der einzelnen Contraction kann aber besonders als Mass des Zustandes benutzt werden, in welchem der Muskel sich befand, im Momente der Verrichtung dieser Arbeit.

arbeiten, welche der Muskel verrichtet, bis er vollkommen müde ist — bis zur Einzelarbeit 0 — werde ich als Totalarbeit bezeichnen.

3. Ich wollte also den Muskel Gewichte heben lassen, und zur selben Zeit die Höhe zeichnen, auf welche er sie hebt; dabei musste er in einem Gefässe sich befinden, in welchem man eine beliebige Temperatur herstellen konnte. Zu diesem Zwecke habe ich folgenden Apparat gebraucht:

An dem Balken *B*, welcher am mittelst 3 Schrauben horizontal gestellten Brette *A* befestigt wurde, ist ein Hebel *GH* angebracht; an seinem kürzeren Arme, wo das Laufgewicht *G* ist, mittelst welchem der Hebel genau equilibrirt werden kann, befinden sich einige Einschnitte in verschiedener Entfernung vom Drehpunkte *F*. In diese Einschnitte kann ein Haken mit zugeschärftem unterem Rande eingehängt werden; an diesem Haken wird der lange Stahldraht *K* befestigt, welcher mit dem oberen Ende des Muskels in Verbindung steht. Das untere Ende des Muskels wird am Boden des metallenen Gefässes *I* befestigt, wo zu diesem Zwecke ein Haken angebracht ist. Das Gefäss *I* kann in beliebiger Höhe befestigt werden auf dem senkrechten Stabe *D*, welcher mittelst der Stange *C* mit *B* in Verbindung sich befindet. Da ich nämlich in meinen Versuchen die horizontale Lage als Ausgangspunkt haben wollte, so musste die Lage des Gefässes geändert werden, je nach der Länge des Muskels oder nach seiner Belastung. An der Stange *C* ist eine kleine Einrichtung für das Thermometer *L* angebracht. An dem anderen Arme des Hebels befindet sich ein Einschnitt für den Haken, welcher eine kleine Schale *M* trägt, worauf die Gewichte gelegt werden. Am Hebel, nicht weit von diesem Einschnitte, wurde ein Pinsel unbeweglich befestigt; senkrecht zum Pinsel wurde die Trommel des Kymographion angestellt. Nun hatte ich also Mittel, dieselbe Contraction gross oder klein zeichnen zu lassen, indem ich den Haken *O* in einen dem Drehpunkte näheren oder entfernteren Schlitze eingehängt habe. Es war dieses Hülfsmittel von grossem Nutzen insofern, dass die Fläche der Trommel sehr begrenzt war, und die Contractionen grosser Muskeln, besonders unter kleinen Belastungen, sehr umfangreich waren. Da der Pinsel Bogen von sehr grossem Radius zeichnete, so habe ich bei der Bestimmung der wirklichen Grössen die Chorden anstatt der Bogen genommen, wodurch natürlich die Zahlen etwas unterschätzt wurden. Um übrigens den Radius der Bogen, welche der Pinsel beschrieb, noch grösser zu machen, und den Fehler damit kleiner, habe ich in denjenigen Fällen, wo ich grössere Genauigkeit nöthig hatte, den Pinsel auf dem langen Arme in *B* anbringen können. Ich muss gestehen, dass ich überhaupt auf eine absolute Genauigkeit meiner Zahlen nicht prätendiren kann und will. Die Hülfsmittel, die mir zu Gebote standen, obwohl mir mit aller Zuvorkommenheit vom Director des physiologischen Instituts zu Neapel, Herrn Professor Dr. Giuseppe Albini, dargereicht, wofür ich ihm meinen

innigsten Dank schuldig bin, waren doch nicht genügend. um mein Problem mit mathematischer Genauigkeit zu lösen. Einmal diese Ueberzeugung gewonnen, trug ich nur Sorge dafür, die Zahlen lieber unter- als überschätzt zu erhalten, damit an der Richtigkeit der Resultate kein Zweifel gehegt werden kann.

Die Berechnung der wirklichen Grössen der Contractionen, sowie der Spannungen, war leicht zu machen, indem die Entfernungen des Pinsels, der Einschnitte für die Last und den Muskel vom Drehpunkte bekannt waren, nämlich folgende:

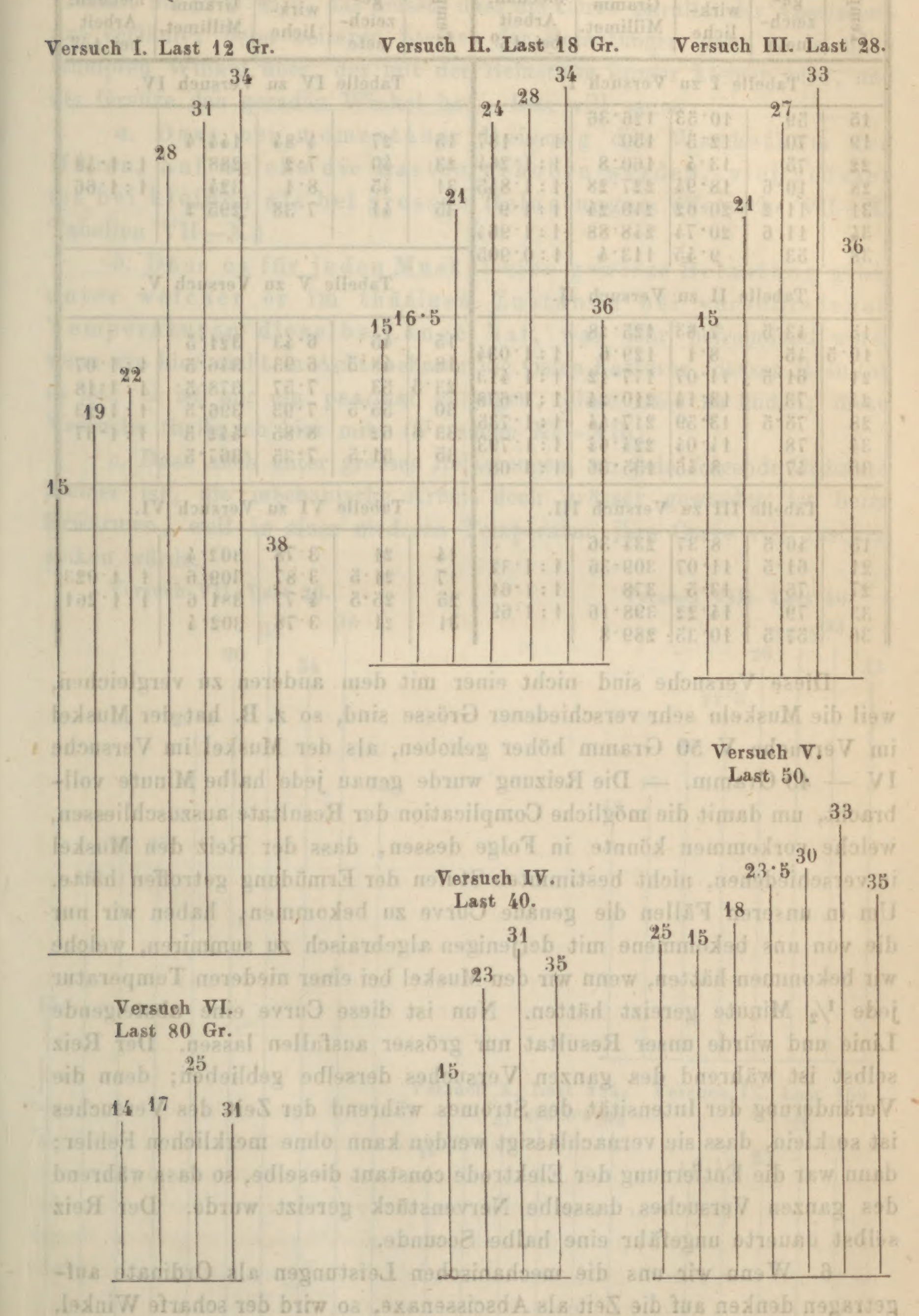
Entfernung des 1. Schlitzes vom Drehpunkte	= 10 Mm.
„ „ 2. „ „ „	= 15 „
„ „ 3. „ „ „	= 20 „
„ „ 4. „ „ „	= 25 „
Entfernung des Einschnittes für die Last vom Drehpunkte	= 100 „
„ der Befestigung des Pinsels *A* „ „	= 140 „
„ „ „ „ „ *B* „ „	= 175 „

4. Ich arbeitete mit dem Gastrocnemius des Frosches; an seinem unteren Ende habe ich ein langes Sehnenstück gelassen, an welchem ich einen Draht mit einer Oese angebunden habe. Mittelst dieser Oese wurde der Muskel am Boden des Gefässes eingehakt. Das obere Ende des Muskels liess ich am Kniegelenke, zu dessen beiden Seiten ich etwa ein halb Centimeter grosses Knochenstück liess, welche als Eingriffspunkt für den Haken *K* dienten; die Länge des Drahtes an der Sehne des Gastrocnemius war so berechnet, dass das obere Ende des Muskels etwas über dem Rande des Gefässes hervorragte; diess zu dem Zwecke, damit der Nerv, welcher vom Plexus Ischiadicus aus bis zum Kniegelenke herauspräparirt wurde, nicht mit im Gefässe sich befinde, und nicht denselben Temperaturveränderungen unterworfen sei, wie der Muskel. Der Nerv wurde auf Elektroden aufgelegt, welche zu einem Schlüssel gingen; mit diesem letzteren communicirten die Drähte des Inductionsapparates, so dass beim Oeffnen des Schlüssels inducirte Ströme durch den Nerven durchflossen. Die Flüssigkeit, in welcher der Muskel sich während des Versuches befand, war eine Kochsalzlösung von 0·65 Procent, eine Lösung, in welcher der Muskel sich am längsten lebendig erhält.

Die Temperatur wurde erhöht mittelst eines Gefässes mit warmem Wasser, welches ich unter das Metallgefäss herunterbrachte; die Abkühlung wurde mittelst Hinaufgiessens einer kalten Salzlösung auf das volle Gefäss bewirkt, wodurch die Temperatur sehr schnell sank.

Die mechanischen Leistungen sind leider in meinen Versuchen sehr klein, weil der grösste Theil der Neapolitaner Frösche ungemein klein sind; da es mir aber nur um relative Werthe ging, so waren mir auch diese kleinen Leistungen genügend.

5. Die Einzelarbeit des Froschmuskels wächst mit dem Erwärmen bis zu 30—33 Grad, je nach seiner Spannung und Grösse. (Versuche I—VI. Tabellen I—VI.)



Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
Tabelle I zu Versuch I.				
15	59	10·53	126·36	
19	70	12·5	150	1 : 1·187
22	75	13·4	160·8	1 : 1·264
28	10·6	18·94	227·28	1 : 1·845
31	11·2	20·02	240·24	1 : 1·9
34	11·6	20·74	248·88	1 : 1·964
38	53	9·45	113·4	1 : 0·905
Tabelle II zu Versuch II.				
15	43·5	7·83	125·28	
16·5	45	8·1	129·6	1 : 1·034
21	61·5	11·07	177·12	1 : 1·413
24	73	13·14	210·24	1 : 1·678
28	75·5	13·59	217·44	1 : 1·735
34	78	14·04	224·64	1 : 1·793
36	47	8·46	135·36	1 : 1·08
Tabelle III zu Versuch III.				
15	46·5	8·37	234·36	
21	61·5	11·07	309·36	1 : 1·32
27	75	13·5	378	1 : 1·61
33	79	14·22	398·16	1 : 1·69
36	57·5	10·35	289·8	

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
Tabelle IV zu Versuch IV.				
15	27	4·84	144·4	
23	40	7·2	288	1 : 1·48
31	45	8·1	324	1 : 1·66
35	41	7·38	295·2	
Tabelle V zu Versuch V.				
15	45	6·43	321·5	
18	48·5	6·93	346·5	1 : 1·07
23·5	53	7·57	378·5	1 : 1·18
30	55·5	7·93	396·5	1 : 1·23
33·5	62	8·85	442·5	1 : 1·37
35	51·5	7·35	367·5	
Tabelle VI zu Versuch VI.				
14	21	3·78	302·4	
17	21·5	3·87	309·6	1 : 1·023
25	25·5	4·77	381·6	1 : 1·261
31	21	3·78	302·4	

Diese Versuche sind nicht einer mit dem anderen zu vergleichen, weil die Muskeln sehr verschiedener Grösse sind, so z. B. hat der Muskel im Versuche V 50 Gramm höher gehoben, als der Muskel im Versuche IV — 40 Gramm. — Die Reizung wurde genau jede halbe Minute vollbracht, um damit die mögliche Complication der Resultate auszuschliessen, welche vorkommen könnte in Folge dessen, dass der Reiz den Muskel in verschiedenen, nicht bestimmten Stufen der Ermüdung getroffen hätte. Um in unseren Fällen die genaue Curve zu bekommen, haben wir nur die von uns bekommene mit derjenigen algebraisch zu summiren, welche wir bekommen hätten, wenn wir den Muskel bei einer niederen Temperatur jede ½ Minute gereizt hätten. Nun ist diese Curve eine absteigende Linie und würde unser Resultat nur grösser ausfallen lassen. Der Reiz selbst ist während des ganzen Versuches derselbe geblieben; denn die Veränderung der Intensität des Stromes während der Zeit des Versuches ist so klein, dass sie vernachlässigt werden kann ohne merklichen Fehler; dann war die Entfernung der Elektrode constant dieselbe, so dass während des ganzen Versuches dasselbe Nervenstück gereizt wurde. Der Reiz selbst dauerte ungefähr eine halbe Secunde.

6. Wenn wir uns die mechanischen Leistungen als Ordinate aufgetragen denken auf die Zeit als Abscissenaxe, so wird der scharfe Winkel,

den ihre Curve mit der Abscissenaxe bildet, am grössten sein bei den kleinsten Belastungen; mit dem Steigen der Belastungen wird er immer kleiner, bis er 0 wird, das heisst, dass die Curve parallel der Abscissenaxe verläuft; beim weiteren Steigen der Belastungen geht er in einen stumpfen Winkel über, der mit der Belastung immer kleiner wird, und als Grenze den geraden Winkel hat. Das will sagen:

a. Dass bei momentaner Reizung das Wachsthum der Höhen, auf welche die Lasten gehoben werden, viel grösser ist bei kleinen als bei grossen Belastungen. (Versuche VII—X. Tabellen VII—X.)

b. Dass es für jeden Muskel eine gewisse Belastung gibt, unter welcher er im thätigen Zustande bei verschiedenen Temperaturen dieselbe Länge hat, was sehr befremdend wäre, wenn wir hier nicht in Acht nehmen die vielen Factoren, dessen Resultat es ist; es ist mir ein paarmal gelungen, diese Last zu finden; diese Versuche theile ich hier mit. (Versuche XI—XII.)

c. Dass auch unter grossen Belastungen, wo jede folgende Ordinate kleiner ist, die mechanische Arbeit doch grösser geworden ist beim Erwärmen, weil in einer niederen Temperatur ihre Curve viel rascher sinken würde.

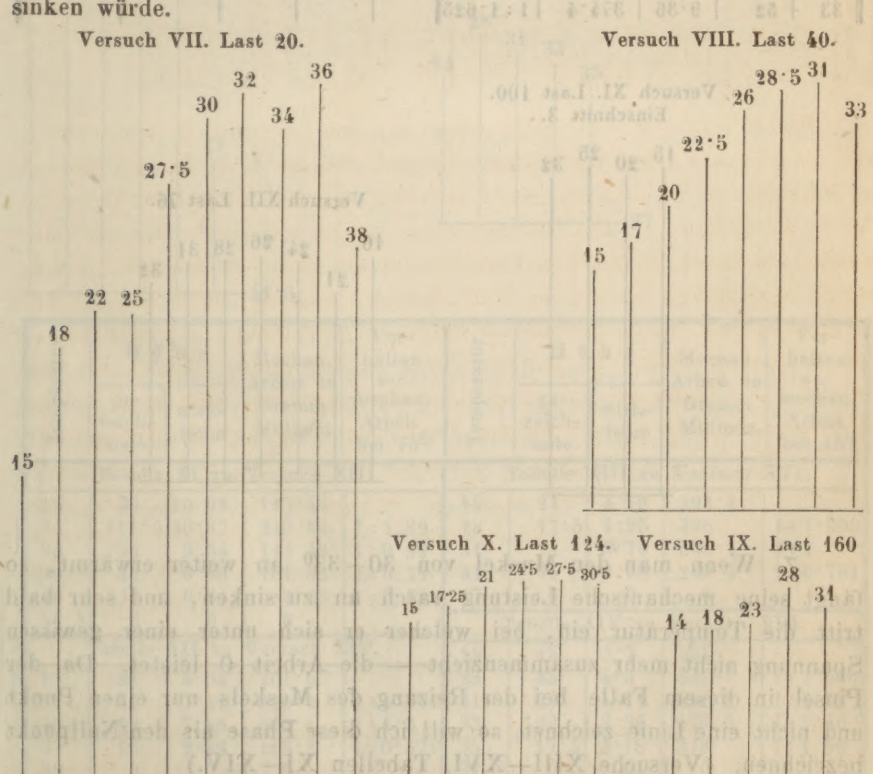


Tabelle VII zu Versuch VII.

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
15	41	7·38	147·6	
18	58	10·44	208·8	1 : 1·416
22	63	11·34	226·8	1 : 1·536
25	62·5	11·25	225	1 : 1·524
27·5	79·5	14·31	286·2	1 : 1·939
30	87·5	15·75	315	1 : 2·133
32	91·5	16·47	329·4	1 : 2·231
34	86·5	15·57	311·4	1 : 2·109
36	92·5	16·65	333	**1 : 2·256**
38	70	12·6	262	1 : 1·707

Tabelle VIII zu Versuch VIII.

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
15	32	5·76	230·4	
17	36	6·48	259·2	1 : 1·125
20	41	7·38	295·2	1 : 1·281
22·5	47	8·46	338·4	1 : 1·469
26	53·5	9·63	375·2	1 : 1·671
28·5	56·5	10·17	406·8	1 : 1·765
31	57	10·26	410·4	**1 : 1·781**
33	52	9·36	374·4	1 : 1·625

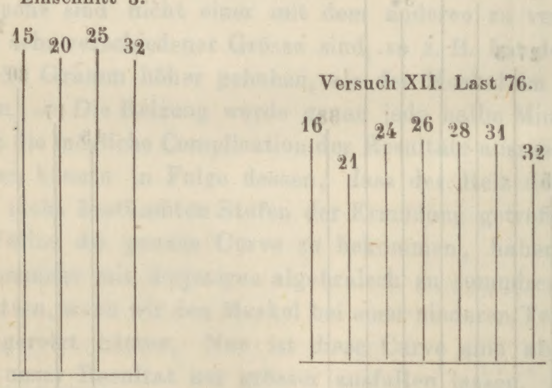
Tabelle IX zu Versuch IX.

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
14	19	3·42	424·08	
18	19·5	3·51	435·24	1 : 1·026
23	20·5	3·69	457·56	1 : 1·079
28	24·5	4·41	546·84	**1 : 1·283**
31	22·5	4·05	502·2	1 : 1·184

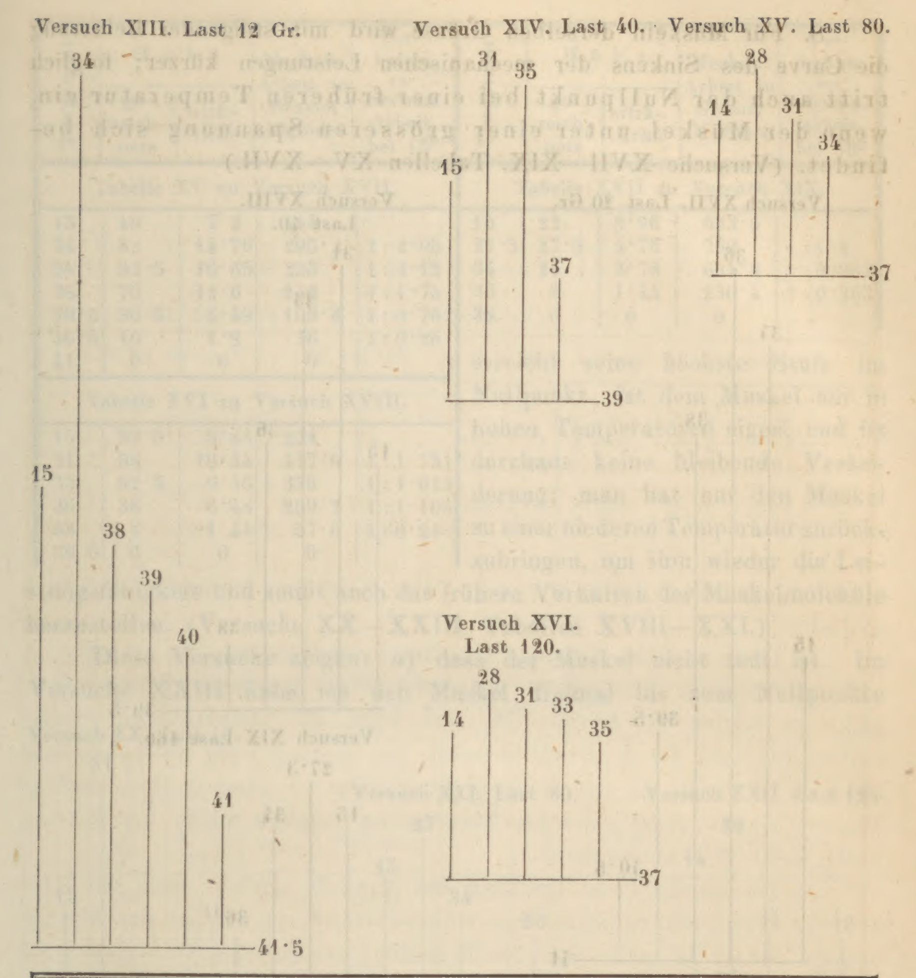
Tabelle X zu Versuch X.

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
15	22	3·96	633·6	
17·25	23	4·14	662·4	1 : 1·045
21	26·5	4·77	763·2	1 : 1·204
24·5	27·5	4·95	792	**1 : 1·218**
27·5	27·5	4·95	792	1 : 1·218
30·5	26·5	4·77	763·2	1 : 1·204

Versuch XI. Last 100.
Einschnitt 3.



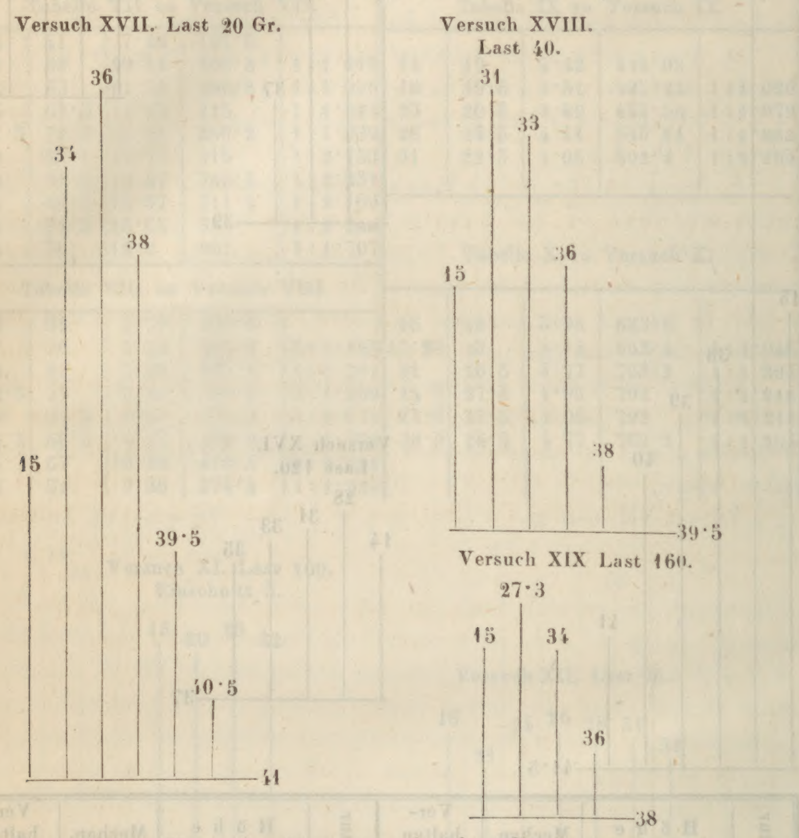
7. Wenn man den Muskel von 30—33° an weiter erwärmt, so fängt seine mechanische Leistung rasch an zu sinken, und sehr bald tritt die Temperatur ein, bei welcher er sich unter einer gewissen Spannung nicht mehr zusammenzieht — die Arbeit 0 leistet. Da der Pinsel in diesem Falle bei der Reizung des Muskels nur einen Punkt und nicht eine Linie zeichnet, so will ich diese Phase als den Nullpunkt bezeichnen. (Versuche XIII—XVI. Tabellen XI—XIV.)



Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
Tabelle XI zu Versuch XIII.				
15	59	10·62	127·44	
34	111·5	20·07	240·84	1 : 1·89
38	53	9·54	114·48	1 : 0·89
39	47	8·46	101·52	1 : 0·79
40	38	0·84	82·08	1 : 0·64
41·5	0	0	0	
Tabelle XII zu Versuch XIV.				
15	28	5·04	201·6	
31	44	7·42	316·8	1 : 1·571
35	42	7·56	302·4	1 : 1·5
37	16	2·88	115·2	1 : 0·571
39	0	0	0	

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
Tabelle XIII zu Versuch XV.				
14	21	3·78	302·4	
28	17·5	4·95	396	1 : 1·309
31	21	3·78	309·4	1 : 1
34	16	2·88	230·4	1 : 0·761
37	0	0	0	
Tabelle XIV zu Versuch XVI.				
14	15	2·7	324	
28	25	4·5	540	1 : 1·666
31	23	4·14	496·8	1 : 1·53
33	22	3·96	475·2	1 : 1·46
35	17·5	3·15	378	1 : 1·66
37	0	0	0	

8. Für Muskeln derselben Grösse wird mit steigender Belastung die Curve des Sinkens der mechanischen Leistungen kürzer; folglich tritt auch der Nullpunkt bei einer früheren Temperatur ein, wenn der Muskel unter einer grösseren Spannung sich befindet. (Versuche XVII—XIX. Tabellen XV—XVII.)



Damit diese Versuche überzeugend sein sollten, müssten sie erstens an Muskeln möglichst gleichen Gewichtes angestellt werden, dann müssten diese Muskeln genau unter denselben Verhältnissen sich befinden, namentlich müssten sie in derselben Zeit auf dieselbe Temperatur erwärmt werden; diess ist leicht zu erreichen, indem man im äusseren Gefässe eine constante Temperatur von 46—47° erhält.

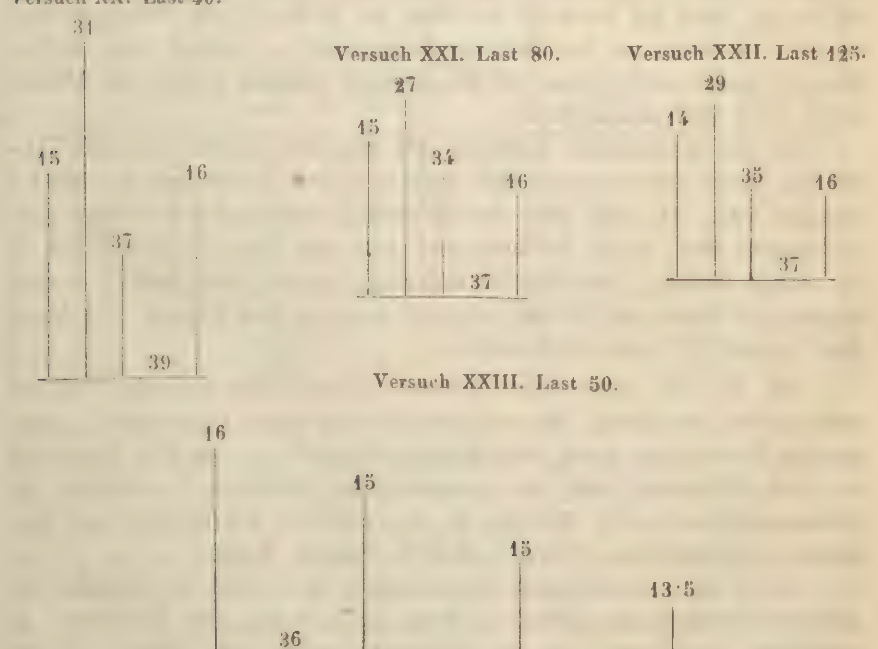
9. Die Curve des Sinkens der mechanischen Leistungen ist weder die Curve des Absterbens, noch die Curve der Ermüdung, obwohl auch diese Elemente von Einfluss auf ihren Verlauf sind. Sie ist der Ausdruck einer in den Temperaturen 30 bis 40° eintretenden veränderten Lage der Muskelmoleküle, in Folge deren sie ihre Fähigkeit verlieren, sich einander zu nähern. Dieses veränderte gegenseitige Verhältniss der Muskelmoleküle

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
Tabelle XV zu Versuch XVII.				
15	40	7·2	144	
34	82	14·76	295·2	1 : 2·05
36	92·5	16·65	233	1 : 2·12
38	70	12·6	252	1 : 1·75
39·5	30·5	5·49	109·8	1 : 0·762
40·5	10	1·8	36	1 : 0·25
41	0	0	0	
Tabelle XVI zu Versuch XVIII.				
15	32·5	5·85	234	
31	58	10·44	417·6	1 : 1·784
33	52·5	9·45	378	1 : 1·615
36	36	6·48	259·2	1 : 1·105
38	8	1·44	57·6	1 : 0·246
39·5	0	0	0	

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 16°
Tabelle XVII zu Versuch XIX.				
15	22	3·96	633·6	
27·3	27·5	4·75	760	1 : 1·2
34	21	3·78	604·8	1 : 0·954
36	8	1·44	230·4	1 : 0·363
38	0	0	0	

erreicht seine höchste Stufe im Nullpunkt, ist dem Muskel nur in hohen Temperaturen eigen, und ist durchaus keine bleibende Veränderung; man hat nur den Muskel zu einer niederen Temperatur zurückzubringen, um ihm wieder die Leistungsfähigkeit und somit auch das frühere Verhalten der Muskelmoleküle herzustellen. (Versuche XX—XXIII. Tabellen XVIII—XXI.)

Diese Versuche zeigen: *a*) dass der Muskel nicht todt ist. Im Versuche XXIII habe ich den Muskel dreimal bis zum Nullpunkte



Versuch XX. Last 40.
Versuch XXI. Last 80.
Versuch XXII. Last 125.
Versuch XXIII. Last 50.

Tabelle XVIII zu Versuch XX.

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
15	27·5	4·95	198	
31	44	7·92	316·8	1 : 1·6
37	16·5	2·91	118·8	1 : 0·6
39	0	0	0	
16	26	4·68	187·2	**1 : 0·945**

Tabelle XIX zu Versuch XXI.

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
15	21	3·78	302·4	
27	27	4·86	388·8	1 : 1·604
34	16·5	2·97	237·6	1 : 1·098
37	0	0	0	
16	13·5	2·43	194·4	**1 : 0·802**

Tabelle XX zu Versuch XXII.

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
14	19·5	3·42	427·5	
29	24·5	4·41	551·25	1 : 1·289
35	12	2·16	270	1 : 0·631
37	0	0	0	
16	10·5	1·89	236·25	**1 : 0·552**

Tabelle XXI zu Versuch XXIII.

Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimet.	Verhalten zur mechan. Arbeit bei 15°
16	31	5·58	279	
36	2	0·36	18	
15	25	4·5	225	
37	0	0	0	
15	16	2·88	144	
39	0	0	0	
13·5	11	1·98	99	

erwärmt, und doch hatte er immer beim Abkühlen mechanische Arbeit geleistet.

b) Dass er nicht diejenige Ermüdung erreicht hat, bei welcher er in einer niederen Temperatur unter derselben Spannung keine Arbeit mehr zu leisten im Stande ist. Ich habe die Abkühlung so schnell vollbracht, dass der Intervall zwischen der Reizung beim Nullpunkt und bei 15—16 gleich sei den früheren Intervallen — nämlich einer halben Minute, damit nicht etwa die Einwendung möglich wäre: der Muskel hatte mehr Zeit auszuruhen.

c) Die mechanische Leistung des Muskels erreicht nach der Abkühlung desto vollkommener ihre frühere Grösse, je weniger der Muskel belastet war. Je mehr also die Ermüdung erzeugenden Ursachen ausgeschlossen sind, desto vollkommener tritt der frühere Zustand ein — ein neuer Beweis, dass die Veränderung, welche der Muskel in dem angezeigten Grade der Wärme erleidet, wenn er eine gewisse, nur kurze Zeit verweilt — keine bleibende ist.

10. Es gibt sogar einen gewissen Zustand des Muskels, den ich nicht genau bestimmen, und von dem ich nur sagen kann, dass es eine gewisse Periode des ruhig absterbenden Muskels ist, wo das Erwärmen bis zum Nullpunkt und das nachträgliche Abkühlen im ganzen die Leistungsfähigkeit des Muskels in der niederen Temperatur auf eine gewisse Zeit erhöhen. (Versuch XXIV. Tabelle XXII.)

11. Unter gewöhnlichen Verhältnissen aber wird die mechanische Leistungsfähigkeit des Muskels durch jede Reihe von Versuchen in steigender Temperatur bis zum Nullpunkt vermindert. Merkwürdig ist dabei Folgendes: Wenn man einen Muskel einige Versuchsreihen voll-

Versuch XXIV. Last 50. 2. Einschnitt.

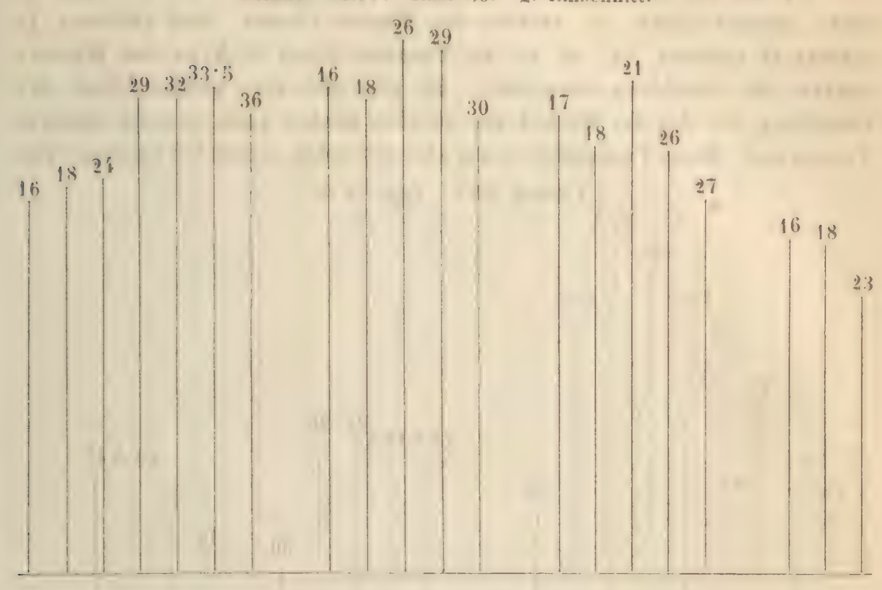


Tabelle XXII zu Versuch XXIV.

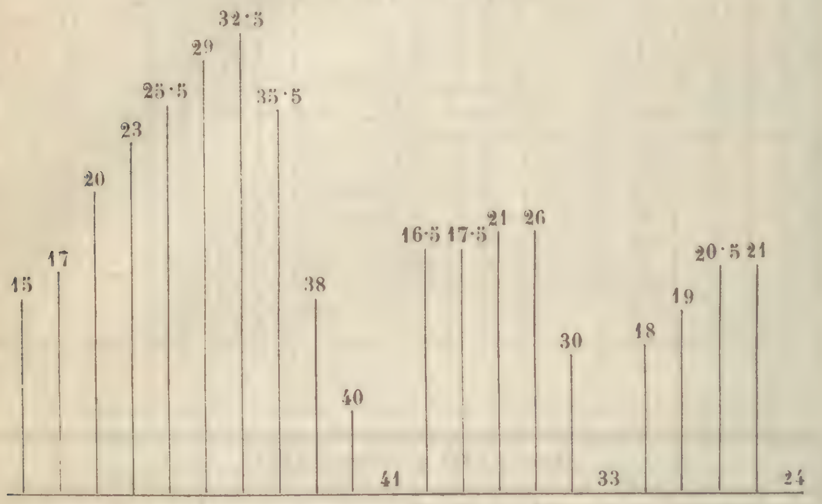
Reihe	Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimeter	Reihe	Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimeter
1.	16	48	5·136	**256·8**		29	71	7·597	379·85
	18	52	5·564	278·2		30	61	6·527	326·35
	24	54	5·778	288·9	3.	17	62	6·634	**331·7**
	29	63·5	6·794	339·7		18	57·5	6·143	307·15
	32	64	6·848	342·4		21	66	7·062	353·11
	33·5	66·5	7·116	356·8		26	57	6·069	303·45
	35	61·5	6·581	329·05		27	50	5·35	267·5
2.	16	65	6·955	**347·75**	4.	16	45	4·815	240·75
	18	64	6·848	342·4		18	44	4·708	235·9
	26	71·5	7.651	382·55		23	38	4·066	203·3

bringen lässt, so nähert sich der Punkt. bei welchem die Curve der mechanischen Leistungen zu steigen aufhört und zu sinken anfängt — wir wollen ihn den Wendepunkt heissen — in jeder folgenden Reihe immer mehr und mehr dem Anfangspunkte der Curve, bis er endlich mit ihm zusammenfällt. Mit anderen Worten: in jeder folgenden Reihe hören die mechanischen Leistungen auf zu steigen bei einer niedereren Temperatur, und endlich gibt es eine Reihe, wo die mechanische Leistung am allergrössten ist bei der niederen Temperatur. (Versuche XXV bis XXIX. Tabellen XXIII—XXVII.)

12. Da die Zahl der Reihen desto kleiner ist, und der Wendepunkt desto rascher sinkt, je erstens der Muskel kleiner, und zweitens je stärker er belastet ist, so ist als Ursache dieses Sinkens des Wendepunktes die Ermüdung anzusehen. Es gibt also eine gewisse Stufe der Ermüdung, bei der der Muskel am meisten leisten kann in einer niederen Temperatur. Diese Thatsache ist mir klar geworden, indem ich voraussetzte,



Versuch XXV. Last 16 Gr.



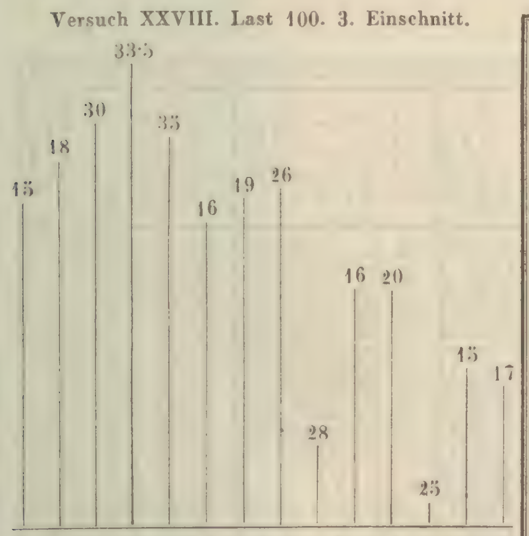
Versuch XXVI. Last 20 Gr.

16 20 23 27 31 35 16 17·5 21 25·25 29 31·5 16 18 22 26 18 19·5 23·5 25 16 20

Versuch XXVII. Last 28.

15 21 27 33 36 16 20·5 31 32·5 16 28 30 31 23 15 17 21 28 30 16 20 24 28·5 16 19

Versuch XXVIII. Last 100. 3. Einschnitt.

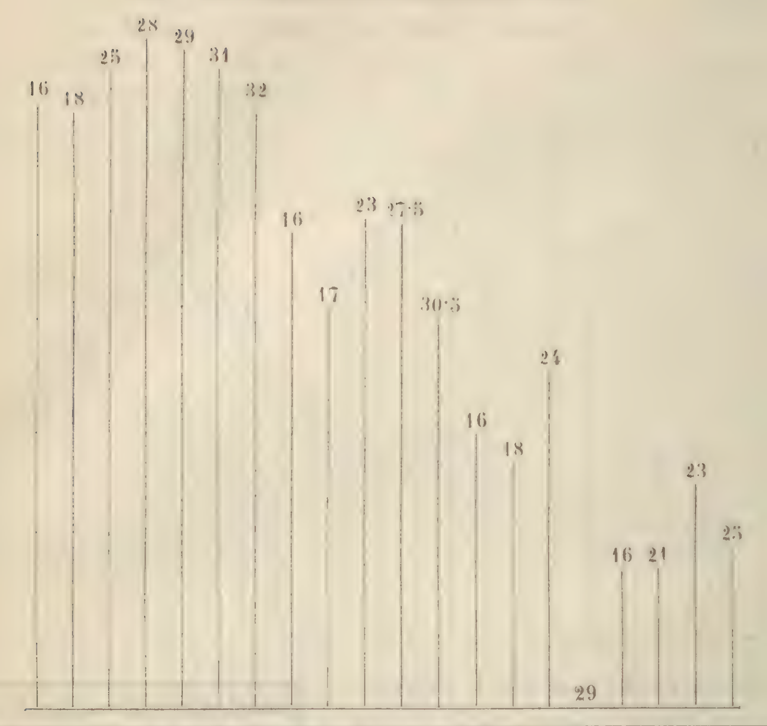


dass die Ermüdung des Muskels viel rascher steigt — ceteris paribus — in einer hohen als in einer niederen Temperatur. Um diess zu bestätigen, habe ich einen von 2 Muskeln, möglichst derselben Grösse, in einer Lösung von

Tabelle XXIII zu Versuch XXV.

Reihe	Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mech. Arbeit in Gramm Millimeter
1.	15	26	4·68	74·88
	17	29	5·22	83·52
	20	40	7·2	115·2
	23	46·5	8·37	133·92
	25·5	52·5	9·45	151·2
	29	57·5	10·35	165·6
	32·5	62	11·16	**178·56**
	35·5	51·5	9·27	148·32
	38	26	4·68	74·88
	40	10	1·8	28·8
	41	0	0	0
2.	16·5	31	5·58	89·28
	17·5	32	5·76	92·16
	21	34·5	6·21	99·36
	26	34·5	6·21	**99·36**
	30	18	3·24	51·84
	33	0	0	0
3.	18	20	3·6	57·6
	19	23·5	4·23	67·68
	20·5	30	5·4	86·4
	21	30	5·4	**86·4**
	24	0	0	0

Versuch XXIX. Last 133,3. 2. Einschnitt.



Tab. XXIV zu Vers. XXVI.

Reihe	Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimeter
1	16	55	9·9	198
	20	63·5	11·43	228·6
	23	66	11·88	237·6
	27	73	13·14	262·8
	31	81	14·58	**291·6**
	35	78	14·04	280·8
2	16	37·5	6·75	125
	17.5	40	7·2	144
	21	50	9	180
	25·25	62·5	11·25	**225**
	29	57	10·26	205·2
	31·5	54·5	9·81	196·2
3	16	42	7·56	151·2
	18	39·5	7·11	142·2
	22	42	7·56	**151·2**
	26	27·5	9·95	99
4.	18	30·5	5·49	109·8
	19·5	29·5	5·31	106·2
	23·5	34·5	6·21	**124·2**
	25	15	2·7	54
5.	16	32	5·76	**115·2**
	20	25·5	5·4	108

Tab. XXV zu Vers. XXVII.

Reihe	Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimeter
1.	15	46	8·28	231·84
	21	62	11·16	312·48
	27	75	13·5	378
	33	81	14·58	**408·24**
	36	58	10·44	292·32
2.	16	59·5	9·45	264·6
	20·5	49·5	8·91	249·48
	31	65	11·7	**327·36**
	32·5	60	10·8	302·4
3.	16	48	8·64	241·92
	28	52	9·36	262·08
	30	56	10·08	**282.24**
	31	52·5	9·45	264·6
	23	47·5	8·55	239·4
4.	15	29	5·22	146·16
	17	33	5·94	166·32
	21	42	7·56	211·68
	28	45	7·9	**219·2**
	30	30	5·4	151·2
5.	16	27	4·86	136·08
	20	33	5·94	166·32
	24	38·5	6·93	**194·04**
	28·5	30	5·4	151·2
6.	16	26·5	5·58	**156·24**
	19	21·5	4·68	131·04

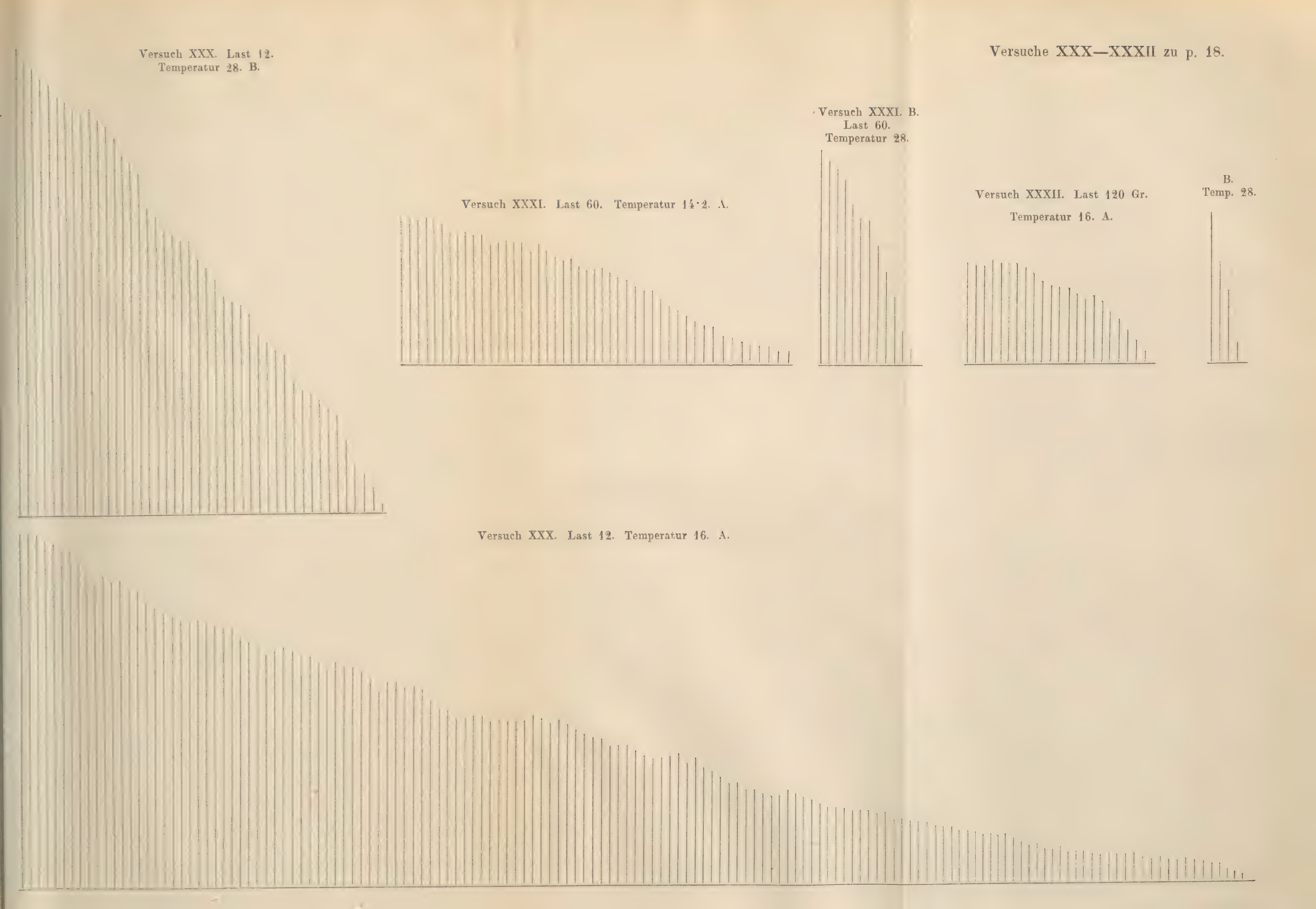
Tab. XXVI zu Vers. XXVIII.

Reihe	Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimeter
1.	15	43	6·143	614·3
	18	48	6·857	685·7
	30	53·5	7·643	764·3
	33·5	62	8·857	**885·7**
	35	51·5	7·357	735·7
2.	16	40	5·714	571·4
	19	43	6·143	614·3
	26	45	6·428	**642·8**
	28	10·5	1·5	150
3.	16	30·5	4·357	435·7
	20	31	4·428	**443·8**
	25	2·5	0·357	35·7
4.	15	22	3·143	**314·3**
	17	19	2·714	271·4

Tab. XXVII zu Vers. XXIX.

Reihe	Temperatur	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millimeter
1.	16	82	8·774	1169·57
	18	79	8·453	1126·78
	25	85	9·095	1212·36
	28	90	9·67	**1289**
	29	88	9·456	1260·5
	31	86	9·242	1232
	32	80	8·56	1141·07
2.	16	63	6·741	898·5
	17	53	5·671	755·99
	23	65	6·955	907
	27·5	65	6·955	**907**
	30·5	52	5·564	741·64
3.	16	36	3·852	519
	18	33	3·571	476·2
	24	45	4·815	**621·8**
4.	29	18	1·926	259·5
	21	18·5	1·979	266·5[illegible]
	23	29	3·103	**413·6**
	25	21	2·227	299·5

28 Grad, den andern in einer Lösung von 16 Grad arbeiten lassen; Belastung, Stärke und Dauer des Reizes, Intervalle zwischen den letzteren waren in beiden Fällen dieselben. (Versuche XXX—XXXII.)


Versuch XXX. Last 12.
Temperatur 28. B.
Versuch XXXI. Last 60. Temperatur 14·2. A.
Versuch XXXI. B.
Last 60.
Temperatur 28.
Versuch XXXII. Last 120 Gr.
Temperatur 16. A.
B.
Temp. 28.
Versuch XXX. Last 12. Temperatur 16. A.



13. Aus diesen Versuchen ist zu sehen:

a. Dass die Curven der mechanischen Leistungen viel rascher sinken in einer höheren als in einer niederen Temperatur, vorausgesetzt, dass alle übrigen Bedingungen gleich sind.

b. Dass, während die Curven der niederen Temperaturen für alle Belastungen an ihren Enden langsamer zu sinken anfangen, geschieht das Gegentheil in den Curven der hohen Temperatur. Endlich

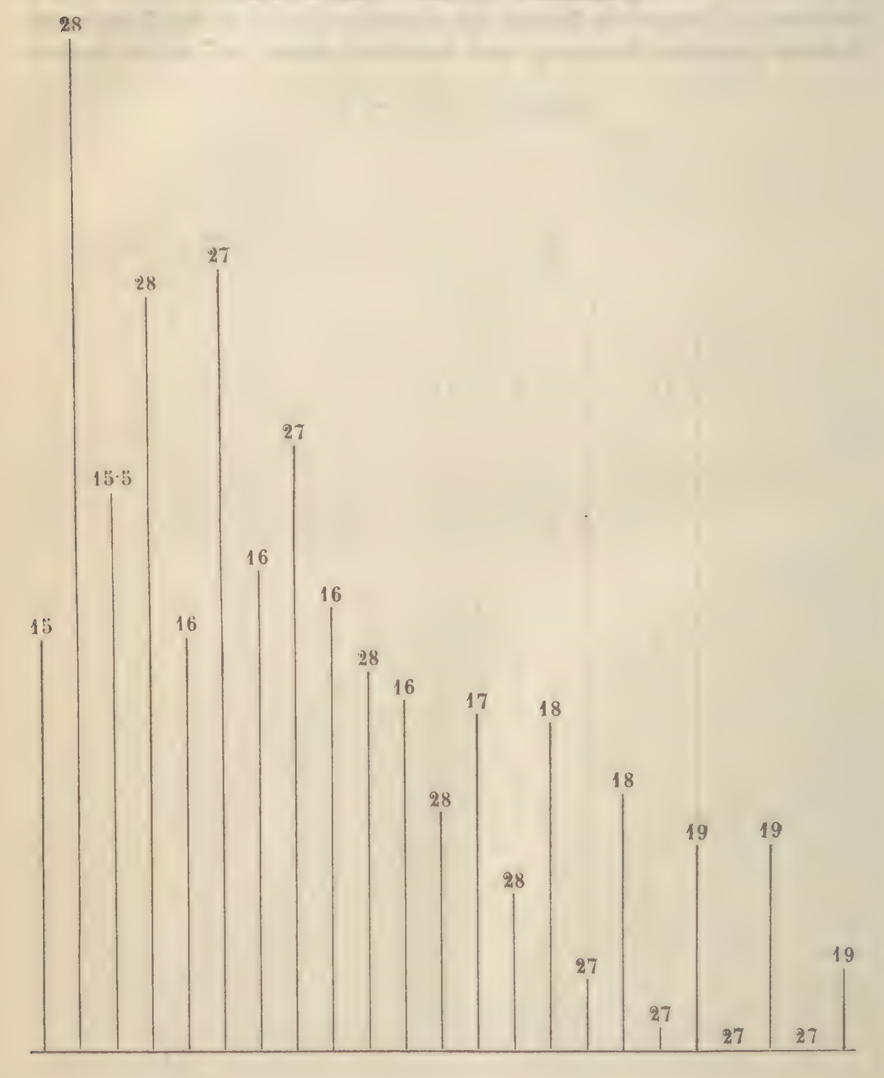
c. Dass das Verhältniss der Zeiten, während welcher die Muskeln in einer hohen und niederen Temperatur thätig bleiben, wächst mit den Belastungen. Während nämlich der Muskel unter der Belastung von 12 Gramm in der Temperatur von 28⁰ nur 45 halbe Minuten thätig geblieben ist, konnte ein Muskel fast derselben Grösse in der Temperatur 16 unter derselben Belastung und demselben Reize 148 halbe Minuten



Versuch XXXIII. Last 16.

wirksam bleiben, also um 3,288 Mal länger als in 28⁰. Unter der Last aber von 60 Gramm arbeitete ein Muskel derselben Grösse in der niederen Temperatur um 3,692 Mal länger als in der höheren, da er in der ersten während 48 halber Minuten arbeitete, in der letzten nur während 13. Endlich unter der Belastung 120 ist das Verhältniss noch grösser, nämlich 4,6 (in der niederen 23 halbe Minuten, in der hohen 5.) Die Arbeitszeit sinkt also mit der Belastung noch rascher in einer hohen als in einer niederen Temperatur, oder: die Ermüdung wächst in einer hohen Temperatur verhältnissmässig noch rascher unter hohen als unter niederen Belastungen.

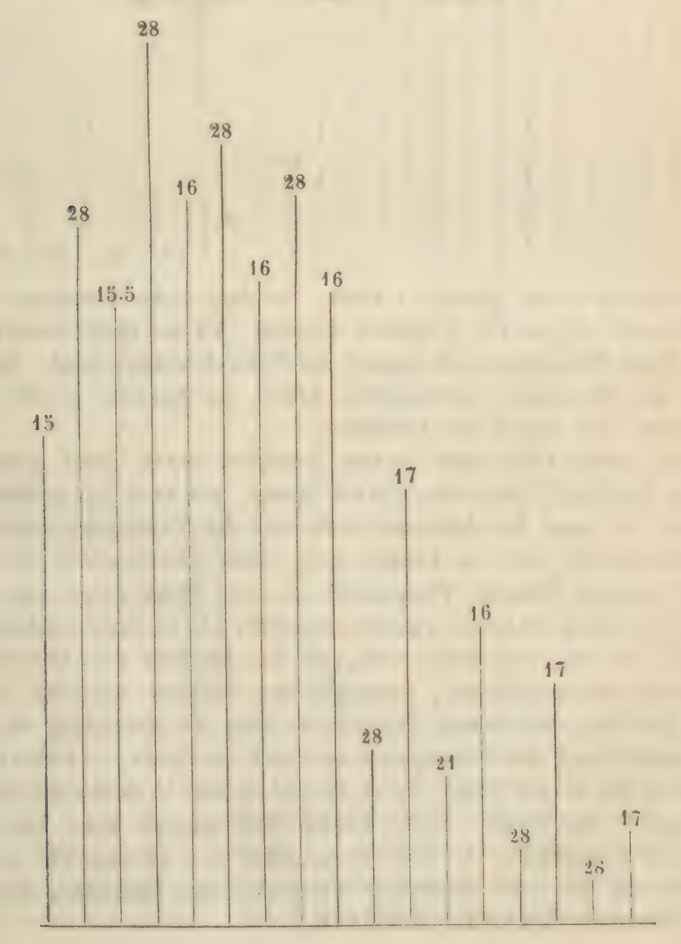
Versuch XXXIV. Last 50. Einschnitt 2.



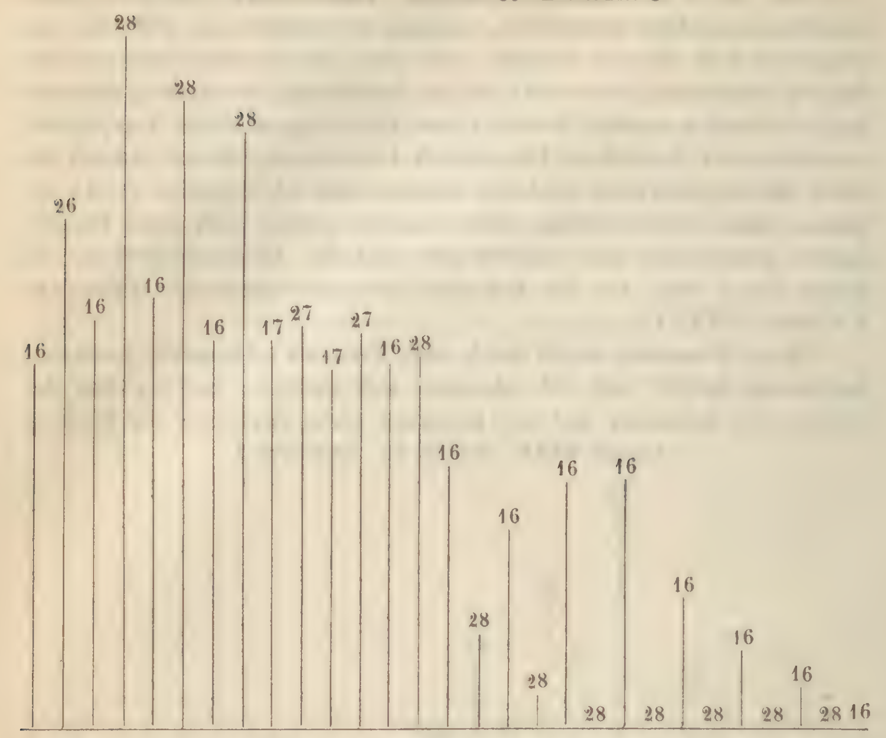
14. Da es mir fast nie gelungen, mehrere Froschmuskeln genau desselben Gewichtes anzutreffen, so dass sie immer eine Differenz von wenigstens 0,01 Gramm zeigten, was schon für die Resultate von Bedeutung sein konnte, so wollte ich die Bestätigung des Satzes, dass der Muskel schneller ermüdet in einer hohen als in einer niederen Temperatur, an einem und demselben Froschmuskel gewinnen. Wenn nämlich die Curve für beispielsweise 28 Grad rascher sinkt als diejenige für 16, so müssen diese beiden Curven sich schneiden, wenn man einen Froschmuskel abwechselnd bald bei 28 und bald bei 16 arbeiten lässt. In diesem Sinne habe ich die folgenden Versuche angestellt. (Versuche XXXIII—XXXVI.)

Meine Erwartung wurde durch diese Versuche vollkommen bestätigt; die Curven für 28⁰ und 16⁰ schneiden sich wirklich; nur ist hier der Einfluss der Belastung auf die Kreuzung nicht merklich; die Muskeln

Versuch XXXV. Gewicht 80. Einschnitt 2.

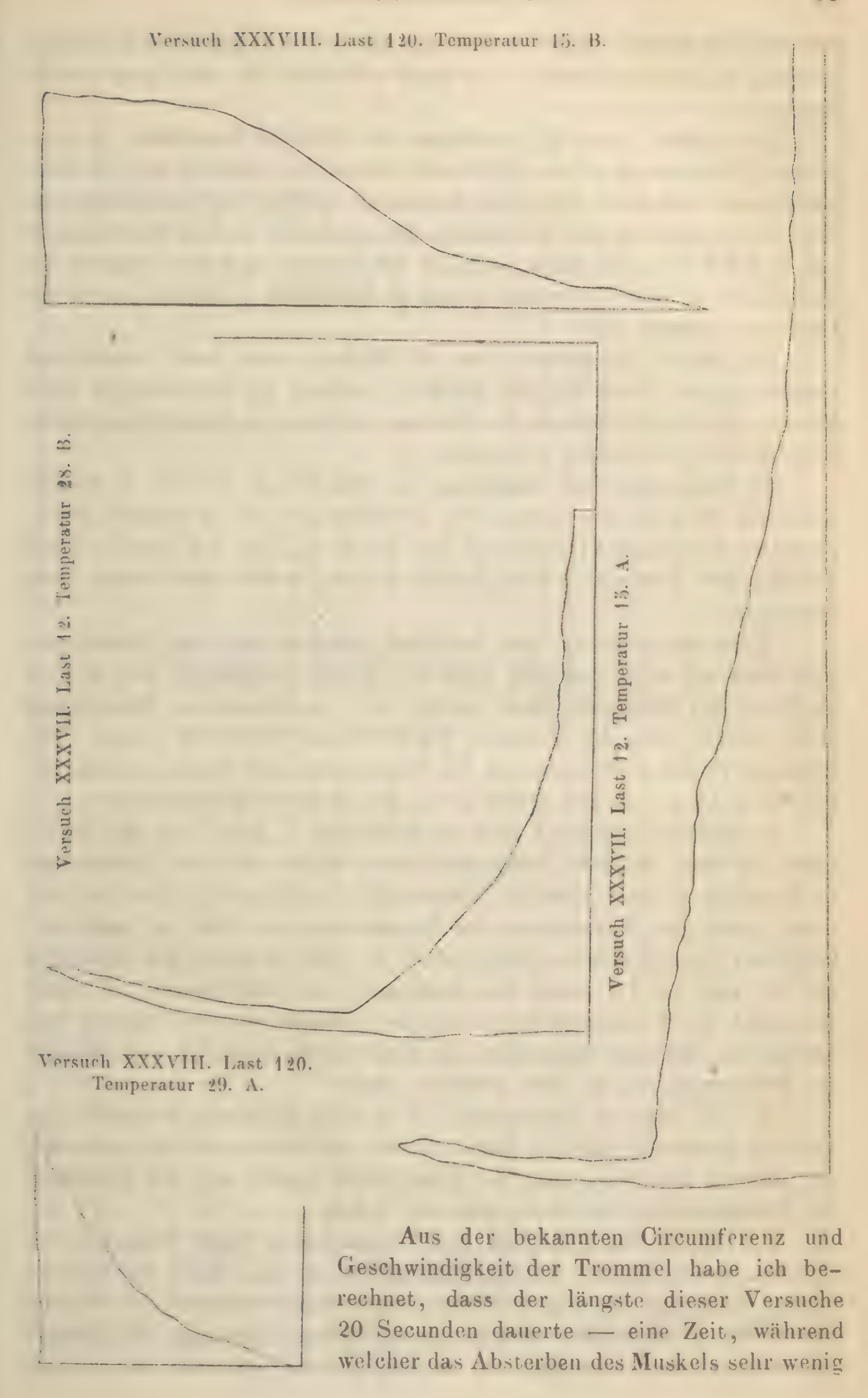


Versuch XXXVI. Gewicht 80. Einschnitt 3.



sind übrigens nicht gleicher Grösse, so dass diese Versuche nicht als Gegenbeweis gegen 13. *c.* dienen können. Es sei noch bemerkt, dass durch diese Versuche noch einmal der Satz bestätigt wird, dass überhaupt die Fähigkeit, mechanische Arbeit zu leisten, erhöht wird für eine kurze Zeit durch das Erwärmen.

15. Aber auch diese letzten Versuche waren nicht genug überzeugend für mich; denn die Curven dieser, wie auch der früheren Versuche in 12., sind der Ausdruck nicht nur der Ermüdung, sondern auch des Absterbens, und es könnte sein, dass das raschere Sinken der Curven in einer höheren Temperatur nur eine Folge davon ist, dass der Muskel in dieser letzteren rascher abstirbt, als in einer niederen Temperatur. Es war also nothwendig, um das Element des Absterbens aus der Curve auszuschliessen, einerseits den Versuch auf eine möglichst kurze Zeit zu beschränken, andererseits aber die Ermüdung zu vergrössern, verstärkend den Reiz quantitativ und qualitativ — selbstverständlich nicht bis zu der Stufe, wo er eine bleibende Veränderung im Nerven und Muskel hervorruft. Diese beiden Bedingungen habe ich erreicht, indem ich den Muskel in eine Temperatur von 16 und 28^0 tetanisirte und ihn an der sich drehenden Trommel seine Ermüdung aufzeichnen liess. (Versuche XXXVII., XXXVIII.)



Aus der bekannten Circumferenz und Geschwindigkeit der Trommel habe ich berechnet, dass der längste dieser Versuche 20 Secunden dauerte — eine Zeit, während welcher das Absterben des Muskels sehr wenig

fortschreiten konnte; dabei ist auch die höchste Bedingung der Ermüdung gegeben, da hier die Reize so zu sagen unendlich oft einer dem andern folgen.

Auch diese Versuche bestätigen die früheren Resultate: in einer höheren Temperatur sinkt die Curve bedeutend rascher, als in einer niedereren, und unter grösserer Belastung rascher als unter kleinerer. Wir haben nämlich das Verhältniss der Abscissen in den Versuchen A und B XXXVII, also unter der Last 12 Gramm = 2·14; während ihr Verhältniss in den Versuchen A und B XXXVIII = 2·7 ist, weil die Last 120 Gramm war.

Um sich zu überzeugen, dass die Muskeln nicht todt, sondern nur ermüdet waren, liess ich den Muskel, nachdem ich ihn während einer Minute nach der Schliessung des Stromes in derselben hohen Temperatur behielt, eine Contraction vollbringen.

16. Diese schnellere Ermüdung des Muskels in höheren Temperaturen ist die Ursache, warum die Totalarbeit in höheren Temperaturen immer kleiner ist, als in niederen. Ich lasse hier die Tabellen der Versuche XXX—XXXII folgen, welche auch diesen Satz bestätigen.

Wenn wir nicht nur das Aufheben, sondern auch das Halten des Gewichtes auf einer gewissen Höhe als Arbeit betrachten, was freilich im Sinne der Mechanik nicht richtig ist, so können zur Bestätigung dieses Satzes auch die Versuche XXXVII und XXXVIII dienen. Die Flächen, welche die Curven mit den Coordinatenaxen bilden, sind augenscheinlich kleiner in den hohen als in den niederen Temperaturen.

In diesen Tabellen ist noch zu bemerken: 1. dass auch die Totalarbeit in einer höheren Temperatur desto kleiner ist im Verhältnisse zu derselben in einer niederen Temperatur, je grösser die Last ist; wir sehen, dass das Verhältniss der Totalarbeiten = 2·16 ist unter der Belastung von 12 Gramm, während es = 2·58 ist unter der Belastung von 60 und = 4·6 unter der Belastung von 120 Gramm. 2. Dass überhaupt die Totalarbeit sinkt mit dem Steigen der Belastungen von Anfang an, während bekanntlich die Einzelarbeit steigt bei dem Steigen der Belastungen bis zu einer gewissen Stufe.

17. So weit die Thatsachen. Was ihre Erklärung anbetrifft, so muss ich gestehen, dass bis jetzt nur eine von ihnen mir klar geworden ist, nämlich diejenige, dass die Einzelarbeit wächst mit der Erhöhung der Temperatur bis zu einem gewissen Grade.

Um irgend ein Kriterium zur Verständigung dieser Thatsache zu besitzen, wollte ich mir Rechenschaft geben, welcher Theil der mechanischen Leistung mit dem Erwärmen hauptsächlich wächst: die Wurfhöhe oder die Hubhöhe. Schon die Thatsache, dass das Wachsthum der mechanischen Leistung bei weitem grösser war auf den ersten

Tabelle XXVIII zu Versuch XXX A zu 16.

Nr.	Höhe		Mechan. Arbeit in Gramm Millim.	Nr.	Höhe		Mech. Arbeit in Gramm Mill.	Nr.	Höhe		Mech. Arbeit in Gramm Mill.
	gezeichnete	wirkliche			gez.	wirkl.			gez.	wirkl.	
1	84	14·95	179·76	51	41	7·38	88·56	101	16·5	3·01	36·12
2	84	14·95	179·76	52	40	7·2	86·4	102	16·5	3·01	36·12
3	83·5	14·86	178·69	53	40	7·2	86·4	103	16	2·92	35·04
4	82	14·59	175·48	54	40	7·2	86·4	104	15·5	2·83	33·96
5	81	14·41	173·34	55	40	7·2	86·4	105	15	2·74	32·88
6	80	14·23	171·2	56	39	7·02	84·24	106	15	2·74	32·88
7	79·5	14·14	170·13	57	39	7·02	84·24	107	14	2·56	30·72
8	77	13·69	164·78	58	39	7·02	84·24	108	13·5	2·47	29·64
9	75	13·33	160·5	59	38·5	6·93	83·16	109	13	2·38	28·56
10	72	12·79	154·08	60	38·5	6·93	83·16	110	13	2·38	28·56
11	74	13·15	158·36	61	40	7·2	86·4	111	12·5	2·29	27·48
12	73	12·97	156·27	62	39	7·02	84·24	112	12	2·2	26·4
13	72	12·79	154·08	63	38	6·84	82·08	113	12	2·2	26·4
14	71	12·61	151·94	64	39	7·02	84·24	114	11·5	2·11	25·32
15	70	12·43	149·8	65	38	6·84	82·08	115	11	2·02	24·24
16	68	12·07	145·52	66	36	6·48	77·76	116	11	2·02	24·24
17	66	11·81	141·24	67	35·5	6·39	76·68	117	10	1·8	21·6
18	65	11·63	139·1	68	35	6·3	75·6	118	9·5	1·71	20·52
19	64	11·45	136·96	69	34·5	6·21	74·52	119	9	1·62	19·48
20	63	11·27	134·82	70	33	5·94	71·28	120	8	1·44	17·32
21	63	11·27	134·82	71	33	5·94	71·28	121	8	1·44	17·32
22	63	11·27	134·82	72	32·5	5·85	70·02	122	8	1·44	17·32
23	62	11·09	132·68	73	30·5	5·5	66	123	8	1·44	17·32
24	62	11·09	132·68	74	30	5·4	64·8	124	7·5	1·35	16·24
25	61	10·91	130·54	75	30	5·4	64·8	125	7	1·26	15·16
26	61	10·91	130·54	76	30	5·4	64·8	126	7	1·26	15·16
27	59	10·55	126·26	77	30·5	5·5	66	127	7	1·26	15·16
28	58	10·37	124·12	78	31·5	5·67	68·04	128	7	1·26	15·16
29	57	10·19	121·98	79	29	5·32	62·64	129	6·5	1·17	14·08
30	56	10·01	114·84	80	30	5·4	64·8	130	6	1·08	12·96
31	56	10·01	119·84	81	28	5·04	60·48	131	6	1·08	10·96
32	56	10·01	119·84	82	26·5	4·77	57·24	132	6	1·08	12·96
33	56	10·01	119·84	83	25·5	4·6	55·2	133	5·5	0·99	11·88
34	55	9·83	117·7	84	24	4·36	52·32	134	6	1·08	12·96
35	54	9·74	116·62	85	23·5	4·27	51·24	135	5	0·9	10·8
36	53·5	9·58	114·46	86	22	4	48	136	5·5	0·99	11·88
37	51	9·18	110·16	87	22·5	4·09	49·08	137	5	0·9	10·8
38	52	9·36	112·32	88	21	3·82	46·84	138	5	0·9	10·8
39	52	9·36	112·32	89	21	3·82	46·84	139	4·5	0·81	9·72
40	51·5	9·27	111·24	90	21	3·82	46·84	140	4	0·72	8·64
41	51	9·18	110·16	91	22	4	48	141	3·5	0·63	7·56
42	50	9	108	92	21	3·82	46·84	142	2·5	0·45	5·4
43	46	8·28	99·36	93	20·5	3·73	44·76	143	2	0·36	4·32
44	48	8·64	103·68	94	20	3·64	43·68	144	1·5	0·27	3·24
45	48·5	8·82	104·76	95	18·5	3·37	40·44	145	0	0	0
46	47·5	8·65	102·6	96	18	3·28	39·36				
47	47·5	8·65	102·6	97	17·5	3·19	38·28				
48	46	8·28	99·36	98	18	3·28	39·36				
49	44	7·92	95·04	99	17	3·1	37·2	Total 12395 Gr. Millim.			
50	42	7·56	90·72	100	17	3·1	37·2				

Tab. XXIX zu Vers. XXX B.

Nr.	Höhe gezeichnete	Höhe wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millim.
1	109	19·62	235·44
2	106	19·08	226·96
3	104·5	18·81	225·72
4	103	18·54	222·48
5	101	18·18	218·16
6	98·5	17·73	212·76
7	96	17·28	207·56
8	95	17·1	205·2
9	94	16·92	203·04
10	95	17·1	205·2
11	93	16·74	200·88
12	91	16·38	196·56
13	89	16·02	192·24
14	85	15·3	183·6
15	82	14·59	175·48
16	80	14·23	171·2
17	73	12·97	156·22
18	70	12·43	149·8
19	67	11·89	143·4
20	66	11·81	141·26
21	65	11·63	139·1
22	64	11·45	136·96
23	60	10·8	128·38
24	58	10·37	124·12
25	55	9·83	117·7
26	51	9·18	110·16
27	49·5	8·91	106·92
28	49	8·82	105·84
29	47	8·56	101·58
30	42	7·56	90·72
31	40	7·2	86·4
32	39	7·02	84·24
33	37	6·66	79·92
34	33	5·94	71·28
35	29	5·32	62·64
36	28	5·04	60·48
37	26	4·68	50·26
38	25	4·51	54·12
39	23	4·18	50·16
40	17	3·1	37·2
41	11	1·98	24·26
42	9	1·62	19·44
43	6	1·08	12·96
44	3	6·54	6·48
45	0	0	0

Total 5734·48.

Tab. XXX zu V. XXXI A.

Nr.	Höhe gez.	Höhe wirkl.	Mech. Arbeit in Gramm Mill.
1	34·5	6·21	372·6
2	34	6·12	367·2
3	34	6·12	367·2
4	34	6·12	367·2
5	33·5	6·03	361·8
6	32	5·76	345·6
7	31·5	5·67	336·2
8	31·5	5·67	336·2
9	30·5	5·49	329·4
10	30·5	5·49	329·4
11	30·5	5·49	329·4
12	29	5·22	313·2
13	29	5·22	313·2
14	29	5·22	313·2
15	28	5·04	302·4
16	26	5·04	302·4
17	26	4·68	280·8
18	27·5	4·95	297
19	27	4·86	271·6
20	25	4·5	270
21	25	4·5	270
22	24·5	4·41	264·6
23	23·5	4·23	253·8
24	23	4·14	248·4
25	22·5	4·05	243
26	22	3·96	237·6
27	21	3·78	226·8
28	20	3·6	216
29	19	3·42	205·2
30	18	3·24	194·4
31	16	2·88	172·8
32	15·5	2·79	167·4
33	14·5	2·61	156·6
34	13	2·34	140·4
35	12	2·16	129·6
36	11	1·98	118·8
37	10·5	1·89	113·4
38	9	1·62	97·2
39	8·5	1·53	91·8
40	7	1·26	75·6
41	6	1·08	64·8
42	5	0·9	54
43	4·5	0·81	48·6
44	3·5	0·63	37·8
45	4·5	0·81	48·6
46	2	0·36	21·6
47	1·5	0·27	16·2
48	0	0	0

Total 10421.

Tab. XXXI zu V. XXXI B.

Nr.	Höhe gez.	Höhe wirkl.	Mech. Arbeit in Gramm Mill.
1	50·5	9·09	545·5
2	49·5	8·91	534·6
3	47	8·46	507·6
4	44	7·92	475·2
5	38	6·84	410·4
6	35	6·3	378
7	33·5	6·03	361·8
8	28	5·04	302·4
9	21·5	3·87	232·2
10	16	2·88	172·8
11	7	1·26	75·6
12	3·5	0·63	37·8
13	0	0	0

Total 4033·8.

Tab. XXXII zu V. XXXII A.

Nr.	Höhe gez.	Höhe wirkl.	Mech. Arbeit in Gramm Mill.
1	23	4·14	496·8
2	23	4·14	496·8
3	23	4·14	496·8
4	23·5	4·23	507·6
5	23·5	4·23	507·6
6	23	4·14	496·8
7	23	4·14	496·8
8	22	3·96	475·2
9	21	3·76	453·6
10	19	3·42	410·4
11	18	3·24	388·6
12	17·5	3·15	378
13	17·5	3·15	378
14	16	2·88	345·6
15	15	2·7	324
16	15	2·7	324
17	14	2·52	302·4
18	12	2·16	259·2
19	10	1·8	216
20	7	1·26	151·2
21	5	0·9	108
22	3	0·54	64·8
23	0	0	0

Total 8078·4.

Tab. XXXIII zu V. XXXII B.

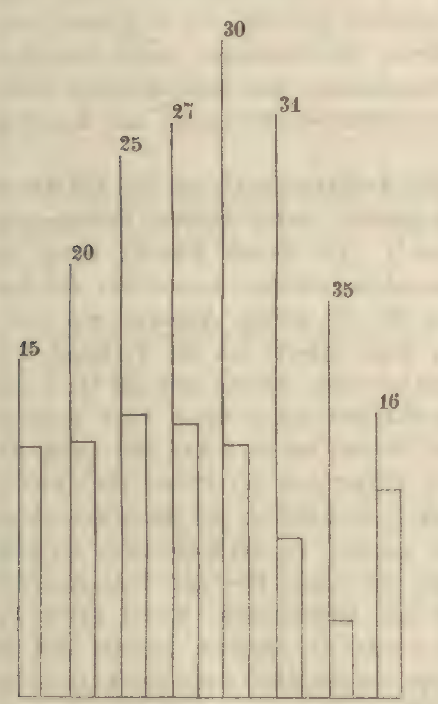
Nr.	Höhe gez.	Höhe wirkl.	Mech. Arbeit in Gramm Mill.
1	35·5	6·39	766·8
2	24	4·32	518·4
3	17	3·06	367·2
4	5	0·9	108
5	0	0	0

Total 1760·4.

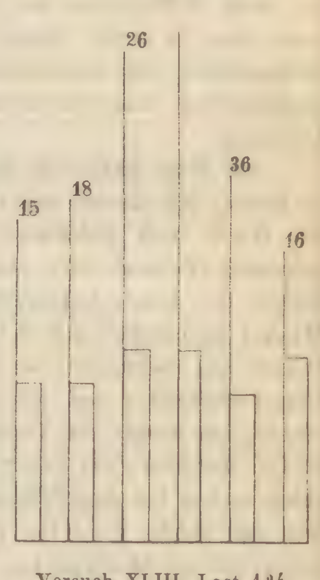
Anblick bei kleinen als bei grossen Belastungen liess mich voraussetzen, dass ich in dieser Auseinanderlegung der mechanischen Leistung in Wurf- und Hubhöhe die Erklärung finden werde.

Diese Versuche habe ich so angestellt. Ich liess den Strom durch den Nerven durch, indem ich den Schlüssel öffnete, wobei die Wurfhöhe schon vom Pinsel gezeichnet wurde; dann liess ich den Schlüssel offen, bis der contrahirte Muskel die Gleichgewichtslage angenommen hat, drehte die Trommel ein wenig um ihre Axe, wodurch die Hubhöhe gezeichnet wurde, endlich habe ich den Schlüssel geschlossen. Die Dauer des Reizes wurde natürlich schon länger als bei den früheren Versuchen, aber nicht länger als eine Secunde; diese Zeit ist vollkommen genügend für das Oeffnen, Vorrücken der Trommel und Schliessung des Schlüssels. (Versuche XXXIX—XLIV. Tabellen XXXIV—XXXVIII.)

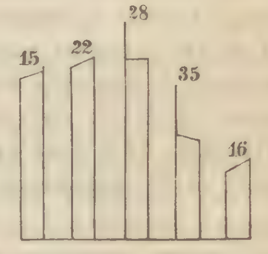

Versuch XXXIX. Last 12.

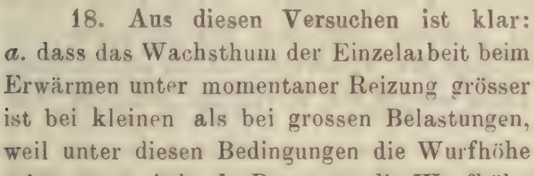


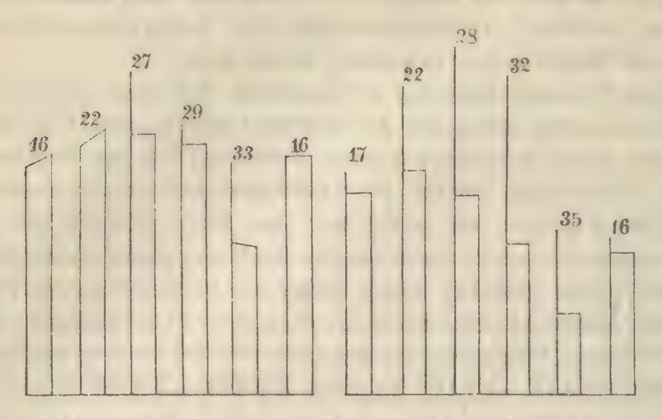

Versuch XL. Last 20.



Versuch XLIII. Last 124.




18. Aus diesen Versuchen ist klar: *a.* dass das Wachsthum der Einzelarbeit beim Erwärmen unter momentaner Reizung grösser ist bei kleinen als bei grossen Belastungen, weil unter diesen Bedingungen die Wurfhöhe sehr gross wird. *b.* Dass, wo die Wurfhöhe in der niederen Temperatur nicht war, da erscheint sie in der hohen Temperatur. *c.* Dass die



Hubhöhe wächst mehr unter hohen als unter niederen Belastungen. Diess ist nicht unmittelbar aus den Versuchen sichtbar, es wird aber klar, wenn man in Acht nimmt die Curven der Ermüdung unter denselben Bedingungen bei einer niederen Temperatur. Das wird übrigens unten ausführlicher besprochen und mit besonderen Versuchen und Tabellen bewiesen.

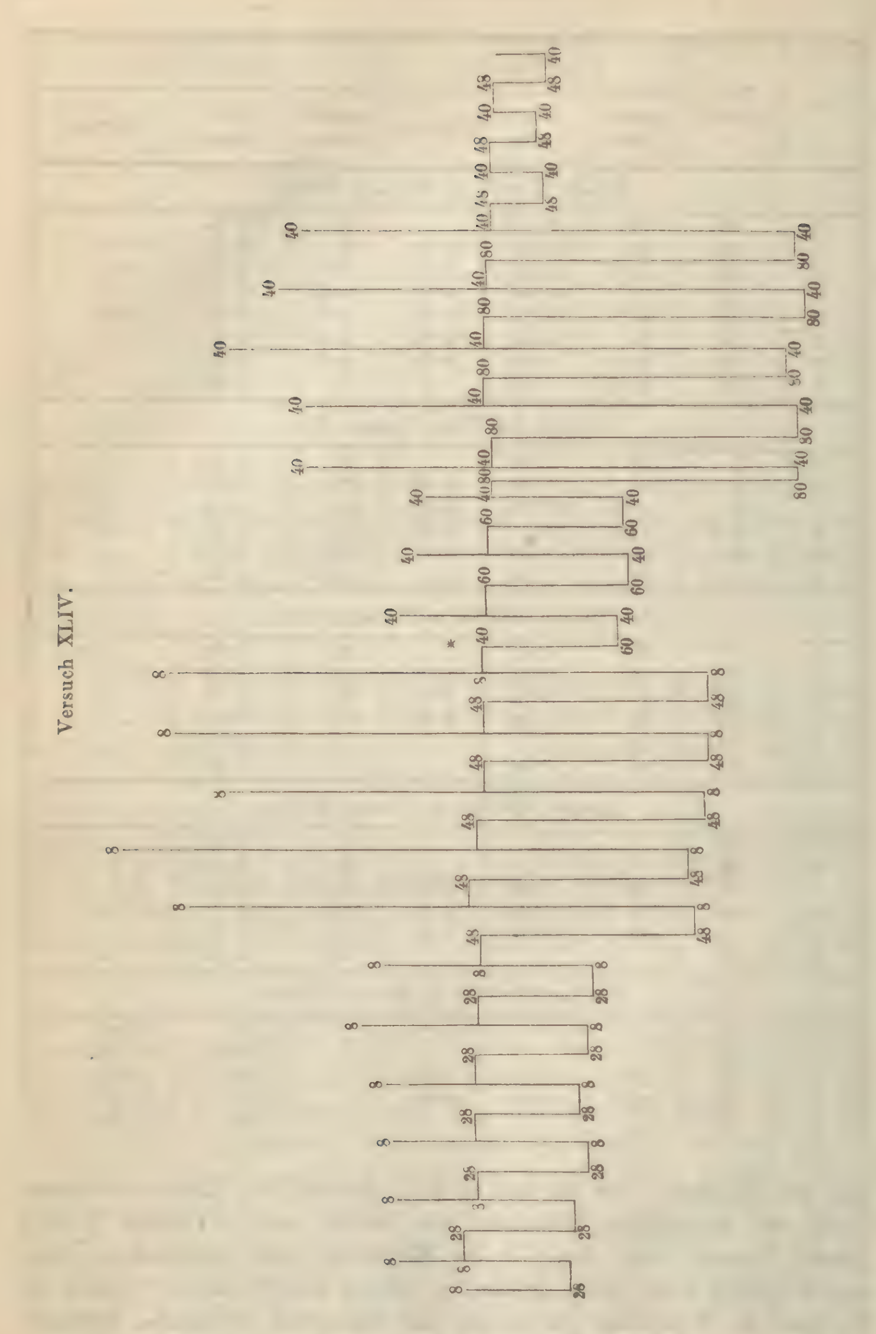
19. Jetzt hatte ich einen neuen Ausgangspunkt, um die Erklärung zu finden; ich musste mir nur klar machen, unter welchen Bedingungen die Wurf- und Hubhöhen wachsen [1]). Zu diesem Zwecke habe ich folgenden Versuch mit einem Kautschukstreifchen angestellt: Ich belastete den Kautschukstreifen, den ich in meinen Apparat wie einen Muskel einbrachte, mit 8 Gramm; dann näherte ich die Trommel dem Pinsel und belastete den Kautschukstreifen wieder mit 20 Gr.; der Pinsel zeichnete, auf wie viel der Streifen durch diese Last gedehnt wurde; ich drehte die Trommel ein bischen um ihre Axe und nahm die 20 Gr. herunter; der Streifen wurde kürzer und der Pinsel blieb wieder ruhig stehen bei dem früheren Punkte, nachdem er die Höhe gezeichnet hat, auf welche die 8 Gr. geworfen wurden. Da das Kautschuk ein sehr unbeständiges Material ist, so habe ich dieses Be- und Entlasten mit 20 Gr. einige Mal wiederholt und das arithmetische Mittel davon als richtige Grösse genommen. Dann wurde der Streifen anstatt mit 20 mit 40 Gr. belastet; natürlich wurde der Streifen mehr gedehnt, die in Anspruch genommenen elastischen Kräfte grösser, und in Folge dessen wurden die 8 Gr. viel höher geworfen nach dem Herunternehmen der 40 Gramm. Auch diess wurde einige Mal wiederholt und das arithmetische Mittel davon genommen. Dann wurden die Wurfhöhen gefunden beim

---

[1]) Trotz aller meiner Mühe bin ich leider noch bis jetzt nicht in den Besitz der Abhandlung des Prof. A. Fick gekommen, in welcher das interessante Verhältniss der Wurf- und Hubhöhen am Muskel genau studirt sein soll.

Nr.	Temperatur	Wurfhöhe gezeichnete	Wurfhöhe wirkliche	Wurfhöhe Differenz	Hubhöhe gezeichnete	Hubhöhe wirkliche	Hubhöhe Differenz
Tabelle XXXIV zu Versuch XXXIX.							
1	15	45	8·1	.	33	5·94	.
2	20	58	10·44	2·34	34	6·12	0·18
3	25	73·5	13·23	5·13	37·5	6·75	0·81
4	27	77	13·86	5·76	36·5	6·57	0·63
5	30	87·5	15·75	7·65	33·5	6·03	0·09
6	31	78	14·04	5·94	21·5	3·87	.
7	35	53·5	9·63	1·53	10·5	1·89	.
8	16	39·5	7·11	.	28	5·04	.
Tabelle XXXV zu Versuch XL.							
1	15	42·5	7·65	.	21	3.82	.
2	18	46	8·28	0·63	21	3·82	.
3	26	65·5	11·72	4·07	25	4·51	0·69
4	32·5	71·5	12·7	5·05	25	4·51	0·69
5	36	49	8·82	1·17	20	3·64	.
6	16	39	7·02	.	24·5	4·45	0·63
Tabelle XXXVI zu Versuch XLI.							
1	17	30	5·4	.	26	4·68	.
2	22	41	7·38	1·98	29	5·32	0·64
3	28	47	8·56	3·16	26	4·68	.
4	32	42	7·46	2·06	19	3·46	.
5	35	22	4	.	11	2·02	.
6	16	21	3·82	.	19	3·46	.
Tabelle XXXVII zu Versuch XLII.							
1	16	.	.	.	31	5·58	.
2	22	.	.	.	34	6·12	0·54
3	27	44	7·92	1·44	36	6·48	0·9
4	29	38	6·84	0·54	35	6·3	0·72
5	33	30	5·4	1·8	20	3·6	.
6	16	.	.	.	32	5·76	0·18
Tabelle XXXVIII zu Versuch XLIII.							
1	15	.	.	.	.	22	3·96
2	22	.	.	.	.	23·5	4·270·31
3	28	29	5·32	0·96	.	24	4·360·4
4	35	21	3·82	0·26	.	14	2·56
5	16	.	.	.	.	9	1·62

Be- und Entlasten von 20 und 40 Gr., während der Kautschukstreifen unter der beständigen Belastung von 40 Gr. war. (Versuch XLIV.) Dieser Versuch zeigt, dass: 1. die Wurfhöhe beim Herabnehmen einer und derselben Last desto grösser, je kleiner das bleibende Gewicht ist. 2. Dass die Wurfhöhe bei einem und demselben bleibenden Gewichte viel grösser ist beim Entlasten grösserer als kleinerer Gewichte; endlich 3. dass bei einer grossen bleibenden Belastung und einer kleinen Entlastung gar keine Wurfhöhe stattfindet.



20. Kehren wir nun zum Muskel zurück. Wollen wir vorläufig nur von den Vorgängen bei kleinen Belastungen sprechen; die Versuche zeigten, dass beim Erwärmen wenig belasteter Muskeln hauptsächlich

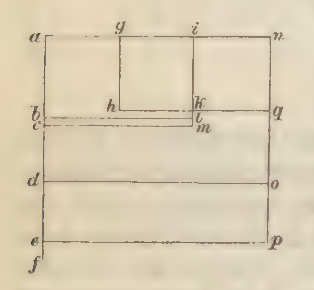
Tabelle XXXIX zu Versuch XLIV.

Nr.	Last		Hubhöhe		Wurfhöhe		Verhalten der Hubhöhe zur Wurfhöhe
	gebliebene	herunter-genommene	einzelne	mittlere	einzelne	mittlere	
1			13·5		22·5		
2			12·5		24·5		
3	8	20	14·5	13.9	26	26·1	1 : 1·87
4			13·5		25·5		
5			14·5		30		
6			15		28·5		
1			30		67		
2			28		75		
3	8	40	29	29·4	63	69·7	1 : 2·37
4			30		71		
5			30		72·5		
1			18·5		29·5		
2	40	20	18·5	18·3	28·5	28·7	1 : 1·57
3			18		28		
1			41		65		
2			42		65		
3	40	40	41	41·4	75	68·4	1 : 1·65
4			42		70		
5			41		67		
1			7		7		
2	40	8	6·5	6·66	6·5	66	1 : 1
3			7		7		

ihre Wurfhöhen wachsen, während ihre Hubhöhen fast dieselben bleiben; um beim Kautschuk dasselbe hervorzurufen, müssen wir ihn stärker belasten, oder was dasselbe ist, seine elastischen Kräfte vergrössern; was also die Belastung beim Kautschuk macht, das macht die Wärme beim thätigen Muskel; das heisst, die Elasticität des thätigen Muskels wird in der Wärme grösser. Wir können auch so die Sache betrachten. Der Reiz ruft beim Muskel dieselben Folgen hervor, wie die Entlastung beim Kautschuk, nämlich Aufheben der Last. Nun ist beim Reize in 28 Grad die Wurfhöhe grösser als in beispielsweise 15 Grad; es ist also klar, dass der Muskel beim Reize in 28 Grad von einer grösseren Last befreit zu sein scheint als in 15 Grad. Da aber der Muskel fast dieselbe Länge hat bei diesen beiden Temperaturen, so ist daraus zu schliessen, dass, um den thätigen Muskel in 28 Grad zu einer gewissen Länge zu dehnen, eine grössere Last gehört, als diejenige, die wir nöthig haben, um denselben Muskel zur selben Länge zu dehnen in der Temperatur 15; der thätige Muskel ist also in 28 Grad weniger dehnsam als in 15. Wir sind also zum selben Resultate gekommen, nämlich dass der thätige Muskel in den höheren Temperaturen eine grössere Elasticität besitzt als in den niederen.

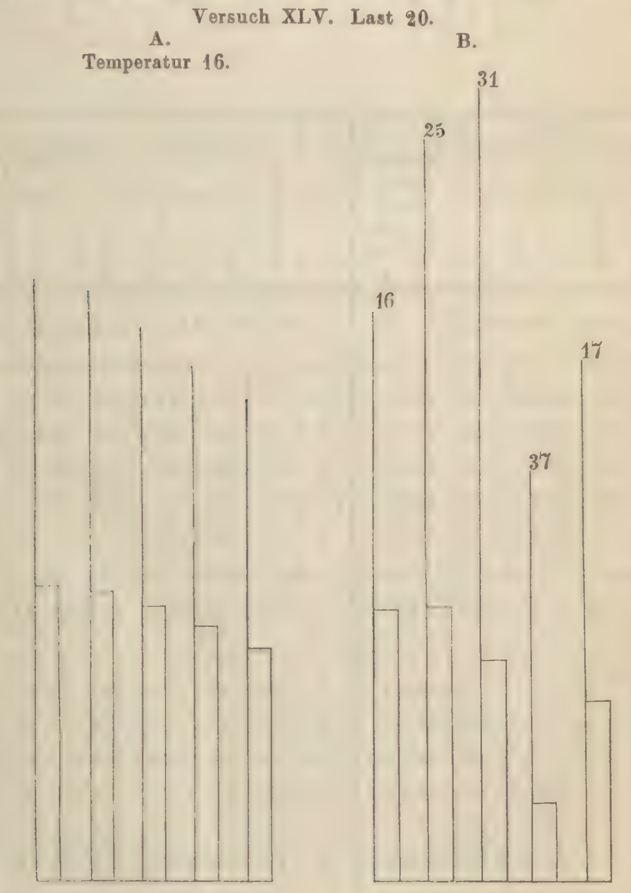
Weiter ist aus den Versuchen zu sehen, dass je mehr der Muskel belastet ist, desto weniger wächst die Wurfhöhe in der Wärme; das stimmt wieder vollkommen überein erstens mit dem, was wir beim Kautschuk gesehen haben und zweitens mit der Voraussetzung, dass die Elasticität des Muskels grösser wird in der Wärme. In dem Kautschuk-Versuche ist zu sehen, dass das Entlasten von 40 Gramm eine kleinere Wurfhöhe hervorbringt, wenn der Kautschuk unter der Belastung 40 als unter der Belastung 8 sich befindet. Dem entsprechend muss auch der Reiz des Muskels in einer höheren Temperatur, welche der Entlastung von 40 Gramm entspricht (wenn wir die Reizung in 15 als die Entlastung von 20 Gr. annehmen) eine desto kleinere Wurfhöhe erzeugen, je mehr der Muskel belastet ist.

21. Noch besser bestätigt sich die Vergrösserung der Elasticität des thätigen Muskels in der Wärme durch das Verhalten der Hubhöhen bei hohen und niederen Temperaturen unter verschiedenen Belastungen. Was haben wir bei den Hubhöhen zu erwarten, im Falle die Elasticität wirklich grösser wird in der Wärme? Gerade das Gegentheil von dem, was wir bei den Wurfhöhen gesehen haben. Die Hubhöhen müssen nämlich desto mehr wachsen, je grösser die Belastung ist. Nehmen wir an, der Muskel hat im unthätigen Zustande die natürliche Länge *af*; im contrahirten Zustande die Länge *gh*, unter der Belastung von 10 Gramm die Länge *im*, unter derjenigen von 100 Gr. *np*; 10 Gr. verlängern also den thätigen Muskel auf *km* und 100 Gr. auf *qp*; die Hubhöhe für 10 Gr. wird also sein *fc* und für 100 Gr. *fe*. In einer höheren Temperatur wird es anders sein. In diesem Falle nämlich wird der thätige Muskel in Folge der vorausgesetzten vergrösserten Elasticität durch die Lasten nicht auf dieselben Längen gedehnt werden, wie an einer niederen Temperatur. Nehmen wir an, dass jeder Gramm den thätigen Muskel nur halb so stark dehnt in der höheren Temperatur als in der niederen; die 10 Gramm werden also in unserem Falle den thätigen Muskel nur auf $kl = \frac{1}{2}\, km$, und die 100 Gr. nur auf $qo = \frac{1}{2}\, qp$ dehnen; die Hubhöhe für 10 Gr. wird also *fb* und für 100 Gr. *fd* sein. Wir sehen, dass während bei 10 Gr. die Hubhöhe um *bc* grösser geworden ist, ist sie für 100 Gr. um *de* grösser geworden. Während also die Wurfhöhe bei höheren Temperaturen mit dem Steigen der Belastungen sich vermindern, müssen die Hubhöhen im Gegentheil unter denselben Bedingungen grösser werden. Die Versuche bestätigen das auch vollkommen, nur müssen sie ganz besonders zu diesem Zwecke angestellt werden.



Wenn man nämlich Versuche mit zwei gleichen Muskeln unter kleiner und grosser Belastung anstellt. so fallen bekanntlich die Hubhöhen bedeutend schneller bei der grossen, als bei der kleinen Belastung. Wenn wir also eine richtige Idee von der Vergrösserung der Hubhöhen beim Erwärmen haben wollen, müssen wir für jede Hubhöhe in der Wärme diejenige Hubhöhe in der niederen Temperatur in Betracht nehmen, welche der Muskel in demselben Stadium der Ermüdung erreicht hätte. So müssen wir z. B. von der zweiten Hubhöhe in der Wärme nicht etwa die erste, sondern die zweite Hubhöhe in der niederen Temperatur subtrahiren, um die richtige Vergrösserung zu bekommen. Bei der niederen Belastung ist diese Procedur fast von gar keinem Einflusse, während sie bei hohen Belastungen von sehr grossem ist, wie aus den nachfolgenden Tabellen zu sehen ist. Ich habe von 4 Muskeln möglichst derselben Grösse 2 unter 20 und 2 unter 80 Gr. Belastung in niederer und höherer Temperatur arbeiten lassen, dann in den Tabellen die Zahlen zusammengestellt. (Versuche XLV, XLVI. Tabellen XL—XLV.)

Versuch XLV. Last 20.



Versuch XLVI. Last 80.

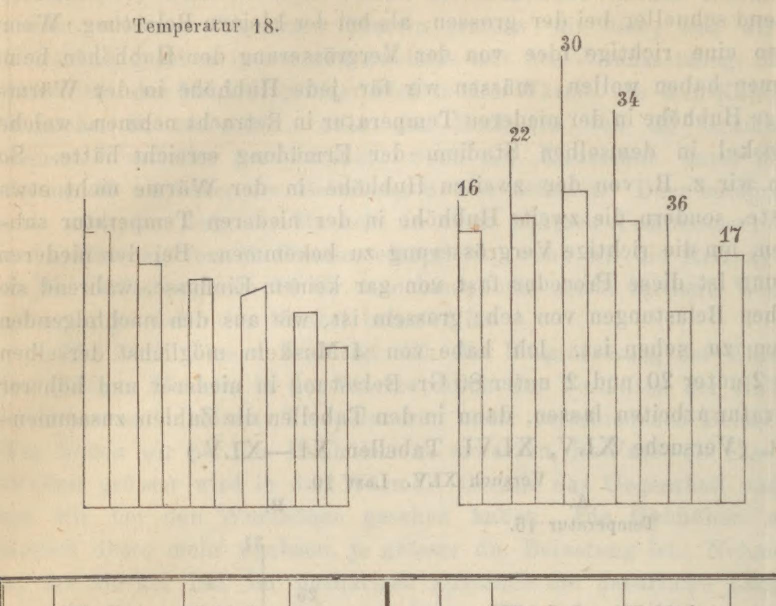


Tabelle XL zu Versuch XLV A.

Nr.	Wurfhöhen gezeichnete	Wurfhöhen wirkliche	Hubhöhen gezeichnete	Hubhöhen wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millim.
1	79	14·22	39	7·02	284·4
2	77	13·86	38	6·84	277·2
3	73	13·14	36	6·48	262·8
4	68	12·24	33	5·94	244·8
5	63	11·34	30·5	5·49	226·8

Tabelle XLI zu Versuch XLV B.

Nr.	Temperatur	Wurfhöhen gezeichnete	Wurfhöhen wirkliche	Hubhöhen gezeichnete	Hubhöhen wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millim.
1	16	76	13·68	36	6·48	273·6
2	25	99	17·82	36	6·48	356·4
3	31	100	18	29	5·22	360
4	37	53	9·54	10	1·8	190·8
5	17	69	12·42	23·5	4·23	248·4

Tabelle XLII zu Versuch XLVI.

Nr.	Wurfhöhen gezeichnete	Wurfhöhen wirkliche	Hubhöhen gezeichnete	Hubhöhen wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millim.
1	43	7·74	37·5	6·75	619·2
2	35·5	6·39	33·5	6·03	511·2
3	.	.	32	5·76	460·8
4	.	.	29	5·22	417·6
5	.	.	27	4·86	388·8
6	.	.	22	3·96	316·8

Tabelle XLIII zu Versuch XLVI B.

Nr.	Temperatur	Wurfhöhen gezeichnete	Wurfhöhen wirkliche	Hubhöhen gezeichnete	Hubhöhen wirkliche	Mechan. Arbeit in Gramm Millim.
1	16	42	7·56	37	6·66	604·8
2	22	49	8·82	39	7·02	705·6
3	30	61	10·98	42·5	7·65	876·4
4	34	54	9·72	38·5	6·93	777·6
5	36	40	7·2	26	4·68	576
6	17	35	6·3	34	6·12	504

Nr.	Wirkliche Wurfhöhen			Wirkliche Hubhöhen			Wirkliche mechan. Arbeit		
	Temperatur 16°	Steigende Temperatur	Differenz	Temperatur 16°	Steigende Temperatur	Differenz	Temperatur 16°	Steigende Temperatur	Differenz
Tabelle XLIV aus Tabellen XL und XLI.									
1	14·22	13·38	— 0·54	7·02	6·48	— 0·54	284·4	273·6	— 10·8
2	13·86	17·82	3·96	6·84	6·48	— 0·36	277·2	356·4	79·2
3	13·14	18	4·86	6·48	5·22	— 1·26	262·8	360	97·2
4	12·24	9·54	— 2·7	5·94	1·8	— 4·14	244·8	190·8	— 54
5	11·34	12·42	1·08	5·49	4·23	— 1·26	226·8	248·4	21·6
Tabelle XLV aus Tabellen XLII und XLIII.									
1	7·74	7·56	— 0·18	6·75	6·66	— 0·09	619·2	604·8	— 14·4
2	6·39	8·82	2·43	6·03	7·02	0·99	511·2	705·6	194·4
3	.	10·98	3·33	5·76	7·65	1·89	460·8	876·4	415·6
4	.	9·72	2·79	5·22	6·93	1·71	417·6	777·6	360
5	.	7·2	2·52	4·86	4·68	— 0·18	388·8	576	187·2
6	.	6·3	0·09	3·96	6·12	2·16	316·8	504	187·2

22. Schon das zweite Mal komme ich in meinen Studien zu einem solchen Resultate. In meinem Aufsatze über das Verhalten des Kautschuks zur Wärme und zur Belastung, welchen ich in der Sitzung der Züricher naturforschenden Gesellschaft vorzutragen die Ehre hatte, suchte ich die Richtigkeit der Meinung des Herrn Prof. Fick nachzuweisen, welcher die von mir entdeckte Thatsache, dass das Kautschuk unter kleinerer Spannung beim Erwärmen länger, während es unter grösserer Spannung beim Erwärmen kürzer wird, dadurch erklärte, dass die Elasticität des Kautschuks beim Erwärmen grösser wird. Was damals als wahrscheinliche Hypothese aufgestellt wurde, kann heute als Gewissheit betrachtet werden.

Das Resultat, zu dem ich gelangt bin, ist merkwürdig in zwei Hinsichten: Erstens gibt es uns noch ein Datum zum Erkenntniss der Unterschiede der Molekularvorgänge beim Erwärmen organischer und unorganischer Körper, da seit den Arbeiten Wertheim's festgestellt ist, dass die Elasticität der Metalle durch das Erwärmen verringert wird. Dieses geradezu entgegengesetzte Verhalten kann vielleicht noch einst als Hülfsmittel dienen zum Verständnisse dieser räthselhaften und noch so wenig erklärten Eigenschaft der Körper der Elasticität. Zweitens kann mein Resultat als neue Bestätigung dienen der Weber'schen Ansicht, dass die Function des Muskels wesentlich beeinflusst wird vom Spiel ihrer elastischen Kräfte. Wir haben einerseits eine Verminderung der mechanischen Leistung der Muskeln bis zu 0 bei der Ermüdung in Folge der verminderten Elasticität[1]), andererseits haben wir in meinen Versuchen

[1]) Ich erinnere mich jetzt, einen Versuch bei Herrn Prof. Fick gesehen zu haben, wo der Muskel jede 5 Minuten eine gewisse Last gehoben hat, wobei die

eine Vergrösserung der mechanischen Leistung mehr als auf das Doppelte in Folge der Vergrösserung der Elasticität. Wenn nun die Muskelarbeit in solchen weiten Grenzen — von 0 an bis auf's Doppelte — von den Elasticitätszuständen beeinflusst wird, so kann man sie mit Recht als Function dieser letzteren betrachten.

23. Ich hege noch die Hoffnung, zum Verständnisse der übrigen Thatsachen, die aus meinen Versuchen folgen, zu gelangen. Ich möchte nur vorläufig bemerken, dass einige Autoren — schon Pickford sogar — gesehen haben, dass der Muskel in einer gewissen hohen Temperatur sich nicht verkürze, und zurückgebracht in eine niedere Temperatur seine Contractionsfähigkeit wieder erlangt, nur wurde diese Erscheinung missverstanden. So habe ich in Paris einen Aufsatz von Herrn Preyer in dem von der dortigen Gesellschaft der deutschen Aerzte herausgegebenen Buche gefunden, worin der Verfasser die Erscheinung beschreibt, dass ein Muskel bei 40 Grad sich nicht mehr verkürzte; wenn er aber in eine Salzlösung gebracht wurde, konnte er sich wieder contrahiren; der Verfasser erklärt es dadurch, dass bei 40 Grad eine Gerinnung entsteht, welche sich nachher in der Salzlösung auflöst. Dass sich ein geronnener Eiweisskörper so momentan auflöse, wie es in meinen Versuchen mehrfach der Fall ist, — zeigt die Chemie kein Beispiel; hier kommt noch dazu der Umstand, dass die Salzlösung niederer Temperatur war, was die Contractionsfähigkeit des Muskels hauptsächlich hergestellt hat. Herr Prof. Wundt, der in seinem Buche auch dieses Factum bespricht, meint, dass in einer gewissen Temperatur die äussere Muskelschicht sich verhärte, wodurch die Contraction der inneren Theile verhindert wird. Aber diese Erklärung wie die des Herrn Preyer wird dadurch widerlegt, dass, wenn die Unfähigkeit des Muskels, sich zu contrahiren in einer gewissen Temperatur, eine Folge der chemischen Wirkung der Wärme auf die Muskelsubstanz wäre, diese Temperatur eine beständige sein müsste, unter welchen Bedingungen der Muskel sich befinden möchte. Aus meinen Versuchen ist aber klar, dass diese Temperatur mit der Belastung des Muskels sich ändert, was augenscheinlich für eine physikalische Wirkung der Wärme spricht. Ich wiederhole also meine Meinung, dass die Wärme die Muskelmoleküle in ein besonderes Raumverhältniss zu einander bringt, in Folge dessen sie sich nicht nähern können.

Wurf- und Hubhöhen gezeichnet wurden. In der graphischen Darstellung dieses Versuches ist die Curve der Wurfhöhen rascher gesunken als die der Hubhöhen. Da nun aus meinen Versuchen klar ist, dass die Wurfhöhe als äusseres Merkmal des Elasticitätszustandes dienen kann, so ist zu schliessen, dass die Ermüdung, welche die Ursache der Verminderung der Wurfhöhen ist, in nichts anderem besteht, als in einer Verminderung der Elasticität. Ich betrachte nicht genau diesen Gegenstand, weil ich nicht sicher bin, ob Herr Prof. Fick in seinem oben angezeigten Aufsatze ihn nicht schon behandelt hat.

C. Ueberreuter'sche Buchdruckerei (M. Salzer).

Lith. v. Dr. C. Heitzmann.

Lith. Anst. v. F. Köke, Wien.